

УДК 338.26
ББК 65.054.3
П 78

Автор-составитель Н. Г. Лопухова, канд. физ.-мат. наук, доцент

Рецензенты: Л. Н. Марченко, канд. техн. наук, доцент кафедры
экономической кибернетики и теории вероятностей
Гомельского государственного университета
им. Ф. Скорины;
Т. В. Жукова, ст. преподаватель кафедры экономики
АПК Белорусского торгово-экономического
университета потребительской кооперации

Рекомендовано научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации». Протокол № 1 от 9 октября 2012 г.

Прогнозирование и планирование социально-экономических процессов : пособие для студентов специальности 1-26 02 02 «Менеджмент» / авт.-сост. Н. Г. Лопухова. – Гомель : учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2013. – 192 с.
ISBN 978-985-540-005-0

УДК 338.26
ББК 65.054.3

ISBN 978-985-540-005-0

© Учреждение образования «Белорусский
торгово-экономический университет
потребительской кооперации», 2013

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Объективно обусловленная необходимость организации труда совместно действующих работников, обеспечения эффективного использования ресурсов приводит к неизбежному управлению экономикой, хозяйством. Значение прогнозирования для управления трудно переоценить, так как любое управленческое решение по своей сути является реализацией результата прогноза. Чем выше уровень прогнозирования, тем эффективнее планирование и управление.

Стабильное, предсказуемое и эффективное развитие социально-экономической системы страны и ее звеньев невозможно без специальных знаний в области методологии, методики и технологии прогнозирования и планирования социально-экономических процессов. Указанные знания могут быть получены при изучении курса «Прогнозирование и планирование социально-экономических процессов». В свою очередь, данный курс предполагает знание курсов «Высшая математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Статистика», «Эконометрика», «Экономическая теория».

Данное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой «Прогнозирование и планирование социально-экономических процессов» для студентов специальности 1-26 02 02 «Менеджмент».

Пособие предназначено для проведения практических занятий и организации самостоятельной работы студентов.

По каждой теме курса приведены планы изучения, вопросы для самоподготовки, темы рефератов, рекомендуемая литература. Темы курса 2.2, 2.3, 3.1–3.4 дополнены методическими рекомендациями по решению задач, материал которых направлен на формирование у студентов практических навыков решения конкретных задач в области прогнозирования и планирования социально-экономических процессов.

Методические рекомендации по решению задач тем 2.2, 2.3 посвящены отдельным методам прогнозирования и планирования социально-экономических процессов, тем 3.1–3.4 – методам и приемам прогнозирования и планирования макроэкономических показателей. Теоретический материал содержится в пособии в объеме, позволяющем определить алгоритмы решения задач.

В заключительной части пособия приведены список рекомендуемой литературы, расширяющий возможности по обязательному и углубленному изучению курса, и приложения, представляющие собой набор статистических таблиц, необходимых для решения задач.

РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тема 1.1. СУЩНОСТЬ И ПРЕДМЕТ ТЕОРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ

План

1. Сущность прогнозирования и планирования.
2. Содержание процессов прогнозирования и планирования.
3. Предмет теории прогнозирования и планирования экономики.
4. Исторический аспект развития теории прогнозирования и планирования экономики.

Вопросы для самоподготовки

1. Предвидение, его виды.
2. Классификация форм научного предвидения.
3. Формы научного предвидения: предсказание, предуказание.
4. Гипотеза как форма научного предвидения: определение, отличительные черты.
5. Прогноз как форма научного предвидения: определение, отличительные черты.
6. План как форма научного предвидения: определение, отличительные черты.
7. Каковы отличия прогноза и плана?
8. Формы сочетания прогноза и плана.
9. Стратегия, концепция, сценарий, мероприятие, программа как формы научного предвидения.
10. Важнейшие требования к прогнозу.
11. Важнейшие требования к плану.
12. Главные функции прогнозирования.
13. Особенности планирования.
14. Какие существуют этапы планирования?
15. Каковы отличия прогнозирования и планирования?
16. Что является предметом теории прогнозирования и планирования экономики?
17. На чем базируется теория прогнозирования и планирования экономики?

Темы рефератов

1. Возникновение прогнозирования и планирования.
2. Прогнозирование и планирование в СССР.

Литература: [5], [8], [9], [12], [14], [16], [18], [22]–[24], [26]–[28].

Тема 1.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ ЭКОНОМИКОЙ

План

1. Управление экономикой.
2. Планово-прогнозные функции в управлении социально-экономическими системами.
3. Социально-экономический прогноз.
4. Формы планирования социально-экономического развития.
5. Целесообразность и значимость прогнозирования и планирования социально-экономических процессов.
6. Состояние социально-экономического прогнозирования и планирования в мире.

Вопросы для самоподготовки

1. Что принято понимать под управлением? Каковы его наиболее важные признаки?
2. Управление экономикой, его характерные признаки.
3. Функции управления экономикой.
4. Что принято понимать под экономической, социальной, социально-экономической системами страны?
5. Прогнозирование и планирование в управлении социально-экономической системой страны.
6. Социально-экономический прогноз: определение, области приложения, основные виды на макроуровне.
7. Классификация форм планирования социально-экономического развития.
8. Что предполагает директивное планирование?
9. Основные рычаги директивного планирования.
10. Что представляет собой индикативное планирование?
11. Составные части индикативного плана.

12. Макроэкономический индикатор: определение, назначение, примеры.

13. Какие методы воздействия использует государство к побуждению хозяйствующих субъектов выполнять индикативный план, достигать значения индикаторов?

14. Что представляет собой стратегическое планирование? В чем заключается назначение стратегического планирования?

15. Особенности стратегического планирования.

16. Что представляет собой тактическое планирование?

17. Основные функции тактического плана.

18. Отличия целей принимаемых решений при стратегическом и тактическом планированиях.

19. Социально-экономический процесс: определение, виды, типы, цели исследования.

Темы рефератов

1. Прогнозирование и планирование в США: сущность, особенности, области применения.

2. Государственное планирование в Японии: содержание, методика формирования индикативных планов в Японии.

3. Развитие и современное состояние планирования во Франции.

4. Общегосударственное планирование в Южной Корее.

5. Европейский опыт индикативного планирования.

6. Прогнозирование и планирование в странах СНГ.

7. Государственное планирование экономики в Китае.

Л.: [5], [8], [12], [14], [16], [17], [22], [23], [27], [29], [30].

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тема 2.1. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ

План

1. Научные основы методологии прогнозирования и планирования.

2. Методологические принципы прогнозирования и планирования.
3. Система показателей планов-прогнозов.
4. Система прогнозов и планов.

Вопросы для самоподготовки

1. Что принято понимать под методологией деятельности, логикой действий, принципом деятельности, методом, методикой?
2. Что принято понимать под методологией прогнозирования и планирования? Совокупность каких элементов она определяет?
3. Основные составляющие логики прогнозирования и планирования.
4. Подходы к исследованию объекта, используемые в прогнозировании, их сущность.
5. Научные основы методологии прогнозирования и планирования.
6. Принципы прогнозирования и планирования: определение, характеристика важнейших из них.
7. Что представляют собой такие понятия, как показатель, норматив, лимит, норма, критерий?
8. Требования к показателям, используемым при разработке прогнозов и планов.
9. Основные блоки показателей прогнозирования и планирования социально-экономических процессов.
10. Классификация показателей прогнозирования и планирования социально-экономических процессов по уровням управления, роли в системе управления, экономическому содержанию, характеризующей стороне объекта, характеру представления, степени охвата социально-экономических процессов, форме отчетности.
11. Важнейшие классификационные группы системы прогнозов по масштабу прогнозирования, времени действия, объекту прогнозирования.
12. Важнейшие классификационные группы системы планов по уровням управления, формам планирования, времени действия.

Темы рефератов

1. Законы диалектики как научные основы методологии прогнозирования и планирования социально-экономических процессов.
2. Экономические теории (кейнсианская, монетарная, марксистская) как научные основы методологии прогнозирования и планирования социально-экономических процессов.

Л.: [5], [8], [9], [12], [14], [16], [18], [22]–[24], [26]–[30].

Тема 2.2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ

План

1. Система методов прогнозирования и планирования.
2. Методы экспертных оценок.
3. Методы экстраполяции.
4. Методы моделирования.
5. Экономико-математические методы.
6. Программно-целевой метод.
7. Метод экономического анализа.
8. Балансовый метод.
9. Нормативный метод.

Вопросы для самоподготовки

1. Система методов прогнозирования и планирования.
2. Интуитивные и формализованные методы прогнозирования.
3. Методы экспертных оценок: сущность, основные этапы подготовки и проведения экспертизы.
4. Методы индивидуальных экспертных оценок, их характеристика.
5. Методы коллективных экспертных оценок, их характеристика.
6. Экстраполяция: определение, сущность при прогнозировании, виды.
7. Стадии экстраполяционных методов прогнозирования, их характеристика.
8. Методы моделирования (матричного, оптимизационного, экономико-статистического), их использование при прогнозировании и планировании социально-экономических процессов.
9. Экономико-математические методы, их использование в практике прогнозирования и планирования.
10. Сущность программно-целевого метода, его роль в процессе прогнозирования развития социально-экономической системы страны.
11. Сущность метода экономического анализа, его роль в процессе прогнозирования развития социально-экономической системы страны.
12. Балансовый метод: сущность метода, направления совершенствования.
13. Система балансов, разрабатываемых в процессе прогнозирования и планирования.

14. Нормативный метод: сущность метода, направления совершенствования.

15. Нормативный метод: классификация и методы разработки норм и нормативов.

Темы рефератов

1. Методы коллективной генерации идей, их сущность, отличительные черты, правила и этапы проведения, условия применения, примеры практического использования.

2. Метод Дельфи, его сущность, принципы, правила и этапы проведения, модификации, примеры применения на практике.

3. Метод «дерева целей», его сущность, правила построения «дерева целей», условия применения, принципы проведения, примеры использования в практической деятельности.

4. Метод написания сценария, его сущность, правила и условия проведения, примеры практического применения.

5. Методы планирования (программно-целевой, балансовый, нормативный, экономического анализа), их взаимосвязь и взаимозависимость.

6. Нормативный метод прогнозирования и планирования. Нормы и нормативы, их сущность и классификация по объектам и временному признаку, сфера применения.

Л.: [5], [6], [8]–[12], [14], [18], [21]–[24], [26]–[28], [32].

Методические рекомендации по решению задач

Методы экспертных оценок

1. Групповая экспертная оценка. В общем случае формирование группы экспертов начинают с определения ее численности. Приведем последовательность шагов одного из подходов, позволяющих решать вопрос о необходимом числе экспертов. Она состоит из следующих действий:

1. Формируется совокупность (генеральная совокупность) кандидатов в эксперты, потенциальных экспертов по рассматриваемому вопросу, проблеме.

2. Формируется требование к кандидатам в эксперты (признак X), при выполнении которого кандидат в эксперты переходит из разряда кандидатов в эксперты в разряд экспертов (признак формирования репрезентативной выборки из генеральной совокупности).

3. Задается доверительная вероятность (γ).

4. Определяется ошибка репрезентативности (точность оценки объема репрезентативной выборки) (Δ) по формуле

$$\Delta = t \cdot \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}},$$

где t находится из равенства $\Phi(t) = \frac{\gamma}{2}$;

$\Phi(t)$ – функция Лапласа;

p – доля элементов выборки с заданным признаком X ;

$q = 1 - p$ – доля элементов выборки, не обладающих признаком X ;

n – объем выборки.

5. Определяется ошибка репрезентативности с учетом уменьшения точности выборки на $a\%$ (Δ_a) следующим образом:

$$\Delta_a = \Delta \left(1 + \frac{a}{100} \right).$$

6. Рассчитывается необходимая численность экспертной группы (необходимый объем репрезентативной выборки) (n_a) по следующей формуле:

$$n_a = \frac{t^2 \cdot p \cdot q}{\Delta_a^2}.$$

Пример 1. Имеется генеральная совокупность из 100 экспертов, которые по своим профессиональным качествам могут быть привлечены к составлению конкретного прогноза. По организационным причинам можно пригласить только 50 экспертов. Экспертом считается специалист, проработавший в данной области не менее 10 лет. Доля таких специалистов оценивается как 0,6.

Определите необходимую численность группы экспертов с доверительной вероятностью, равной 0,954 4, при уменьшении точности выборки на 10%.

Решение

По условию:

- $n = 50$;
- признак X – проработал в данной области не менее 10 лет;
- $p = 0,6$, следовательно, $q = 1 - 0,6 = 0,4$;

- $\gamma = 0,954\ 4$, следовательно, из $\Phi(t) = \frac{0,954\ 4}{2} = 0,477\ 2$, используя таблицу значений функции Лапласа (приложение А), имеем $t = 2$;
- $a = 10$.

Тогда:

$$\Delta = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,6 \cdot 0,4}{50}} \approx 0,139;$$

$$\Delta_a = 0,139 \left(1 + \frac{10}{100} \right) = 0,152\ 9;$$

$$n_a = \frac{2^2 \cdot 0,6 \cdot 0,4}{(0,1529)^2} \approx 41.$$

Следовательно, необходимая численность группы экспертов – 41 эксперт.

Задача 1. Имеется генеральная совокупность из 200 специалистов, которые по своим профессиональным качествам могут быть привлечены к составлению конкретного прогноза. По организационным причинам можно пригласить только 25 экспертов. Экспертом считается специалист, проработавший в данной области не менее 15 лет. Доля таких специалистов оценивается как 0,5.

Определите необходимую численность группы экспертов с доверительной вероятностью, равной 0,997 3, при уменьшении точности выборки на 10%.

После определения численности группы экспертов переходят к оценке компетентности потенциальных экспертов. Оценка компетентности может быть осуществлена различными методами.

Рассмотрим этапы оценки компетентности потенциальных экспертов *методом взаимной оценки*:

1. Формируется генеральная совокупность потенциальных экспертов. С этой целью 10 потенциальным экспертам рассылаются анкеты с просьбой назвать 10 наиболее компетентных специалистов в прогнозируемой области. Затем всем вновь названным рассылаются аналогичные анкеты. Процедура продолжается до тех пор, пока в анкетах будут появляться новые имена.

2. Составляется матрица оценки компетентности экспертов перво-

го порядка (таблица 1), по результатам которой рассчитываются коэффициенты компетентности экспертов первого порядка (k_j^1), показывающие, соответственно, долю голосов, полученных экспертом, в общей сумме голосов:

$$k_j^1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n X_{ij}}, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

где i – номер оценивающего эксперта;

j – номер оцениваемого эксперта;

n – количество названных экспертов;

X_{ij} – результат анкетирования, заключение, данное i -м экспертом по поводу компетентности j -го эксперта;

$X_{ij} = 1$, если i -й эксперт назвал j -го эксперта;

$X_{ij} = 0$, если i -й эксперт не назвал j -го эксперта.

Таблица 1 – Матрица оценки компетентности экспертов первого порядка

Номер оценивающего эксперта (i)	Номер оцениваемого эксперта (j)				
	1	2	3	...	n
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1n}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	...	X_{2n}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	...	X_{3n}
...
n	X_{n1}	X_{n2}	X_{n3}	...	X_{nn}
$\sum_{i=1}^n X_{ij}$	$\sum_{i=1}^n X_{i1}$	$\sum_{i=1}^n X_{i2}$	$\sum_{i=1}^n X_{i3}$	...	$\sum_{i=1}^n X_{in}$
k_j^1	k_1^1	k_2^1	k_3^1	...	k_n^1

3. Строится матрица оценки компетентности экспертов второго порядка (таблица 2), оценки в которой взвешиваются с учетом компетентности эксперта, давшего оценку, и рассчитывается коэффициент компетентности экспертов второго порядка (k_j^2):

$$k_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij} \cdot k_i^1}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n X_{ij} k_i^1}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Таблица 2 – Матрица оценки компетентности экспертов второго порядка

Номер оценивающего эксперта (<i>i</i>)	Номер оцениваемого эксперта (<i>j</i>)				
	1	2	3	...	<i>n</i>
1	$k_1^1 X_{11}$	$k_1^1 X_{12}$	$k_1^1 X_{13}$	...	$k_1^1 X_{1n}$
2	$k_2^1 X_{21}$	$k_2^1 X_{22}$	$k_2^1 X_{23}$	...	$k_2^1 X_{2n}$
3	$k_3^1 X_{31}$	$k_3^1 X_{32}$	$k_3^1 X_{33}$	...	$k_3^1 X_{3n}$
...
<i>n</i>	$k_n^1 X_{n1}$	$k_n^1 X_{n2}$	$k_n^1 X_{n3}$	...	$k_n^1 X_{nn}$
$\sum_{i=1}^n k_i^1 x_{ij}$	$\sum_{i=1}^n k_i^1 x_{i1}$	$\sum_{i=1}^n k_i^1 x_{i2}$	$\sum_{i=1}^n k_i^1 x_{i3}$	...	$\sum_{i=1}^n k_i^1 x_{in}$
k_j^2	k_1^2	k_2^2	k_3^2	...	k_n^2

4. Из *n*, названных в анкетах специалистов, отбирается необходимое количество экспертов, у которых значения коэффициентов компетентности второго порядка наибольшие.

Задача 2. Предположим, что десять экспертов давали оценку компетентности себя и своих коллег. Результаты взаимооценки приведены в таблице 3. На основании табличных данных оцените степень компетентности каждого эксперта и сформируйте группу из пяти экспертов.

Таблица 3 – Матрица оценки компетентности десяти экспертов первого порядка

Номер оценивающего эксперта (<i>i</i>)	Номер оцениваемого эксперта (<i>j</i>)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
2	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
3	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1
4	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1
5	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0

Окончание таблицы 3

Номер оценивающего эксперта (<i>i</i>)	Номер оцениваемого эксперта (<i>j</i>)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
7	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
8	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
9	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
10	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1

Оценка профессиональных качеств эксперта *методом самооценки* предполагает наличие анкет, на вопросы которых потенциальному эксперту предстоит дать самостоятельный ответ. Каждый ответ на вопрос получает определенный весовой коэффициент, соответствующий, с одной стороны, значимости оцениваемого показателя, а с другой – варианту ответа эксперта на данный вопрос. Конкретные числовые значения весовых коэффициентов определяются рабочей группой и не сообщаются потенциальным экспертам.

Пример анкеты приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Анкета оценки профессиональных качеств экспертов

Показатели (<i>i</i>)	Возможные альтернативы (<i>j</i>) и их весовые коэффициенты (v_{ij})								
1. Стаж работы по исследуемой проблеме, лет	2	3	4	5	6	7	8	9	10 и более
	0,27	0,32	0,37	0,48	0,52	0,54	0,60	0,66	0,74
2. Форма участия в научно-организационной работе по исследуемой проблеме	Руководитель комплекса работ		Руководитель одной работы		Участник выполнения нескольких работ			Участник выполнения одной работы	
	0,70		0,60		0,50			0,40	
3. Наличие ученой степени по исследуемой проблеме	Доктор наук			Кандидат наук			Отсутствие		
	0,65			0,52			0,49		
4. Наличие печатных работ по исследуемой проблеме	Монографии		Статьи и авторские свидетельства		Отчеты			Отсутствие	
	0,65		0,56		0,47			0	

Окончание таблицы 4

Показатели (<i>i</i>)	Возможные альтернативы (<i>j</i>) и их весовые коэффициенты (v_{ij})				
5. Источники информации, используемые при изучении проблемы	Теоретические и (или) экспериментальные исследования		Обобщение работ отечественных или зарубежных авторов		Собственные интуитивные представления
	0,66		0,55		0,43
6. Уровень достоверности ранее сделанных прогнозов, %	100–90	89–60	59–30	29–10	10–0
	0,89	0,65	0,40	0,27	0

Коэффициент компетентности (K) конкретного эксперта рассчитывается как частное от деления суммы всех весовых коэффициентов, полученных данным экспертом при ответах на все вопросы анкеты, на сумму всех максимальных весовых коэффициентов для всех показателей анкеты следующим образом:

$$K = \frac{\sum_i v_{ij}}{\sum_i v_{i \max}},$$

где v_{ij} – весовой коэффициент, соответствующий j -й альтернативе ответа эксперта на i -й вопрос анкеты;

$v_{i \max}$ – максимальный весовой коэффициент для i -го показателя анкеты.

Из общего числа потенциальных экспертов в состав экспертной группы вводится необходимое количество экспертов с наиболее высокими коэффициентами компетентности.

Задача 3. Предположим, что Вам необходимо отобрать экспертов для проведения экспертного опроса на одну из следующих тем:

- прогноз конъюнктуры рынка конкретного товара или услуги;
- прогноз занятости населения города;
- прогноз курса валют;
- прогноз рынка образовательных услуг.

Разработайте анкету для оценки компетентности экспертов методом самооценки в одной из названных областей.

Задача 4. Анкета оценки профессиональных качеств, заполненная экспертом (выбранную альтернативу он отмечал знаком «*»), приведена в таблице 5. Используя весовые коэффициенты, приведенные в таблице 4, рассчитайте коэффициент компетентности эксперта.

Таблица 5 – Анкета оценки профессиональных качеств, заполненная экспертом

Показатели	Возможные альтернативы								
1. Стаж работы по исследуемой проблеме, лет	2	3	4	5*	6	7	8	9	10 и более
2. Форма участия в научно-организационной работе по исследуемой проблеме	Руководитель комплекса работ		Руководитель одной работы *		Участник выполнения нескольких работ			Участник выполнения одной работы	
3. Наличие ученой степени по исследуемой проблеме	Доктор наук			Кандидат наук *			Отсутствие		
4. Наличие печатных работ по исследуемой проблеме	Монографии		Статьи и авторские свидетельства *		Отчеты			Отсутствие	
5. Источники информации, используемые при изучении проблемы	Теоретические и (или) экспериментальные исследования *			Обобщение работ отечественных или зарубежных авторов			Собственные интуитивные представления		
6. Уровень достоверности ранее сделанных прогнозов, %	100–90		89–60		59–30 *		29–10		10–0

При прогнозировании методами коллективных экспертных оценок важно установить среднюю оценку экспертной группы, принимаемую в качестве результата экспертного опроса, оценить, из каких индивидуальных оценок экспертов складывается результирующая величина, достаточно ли согласованы оценки, не является ли результат экспертизы усреднением диаметрально противоположных мнений.

Способ поиска ответов на эти вопросы зависит от характера оценок, полученных от экспертов, который может быть количественным (прогнозируемая величина оценена в количественной шкале) или качественным (в качественной шкале).

Количественные оценки, полученные от экспертов, можно рас-

сма́тривать как значения некоторой случайной величины (признака). Упорядочив количественные оценки по возрастанию или убыванию, получают так называемый вариационный ряд экспертных оценок. Поэтому для анализа разброса и согласованности оценок применяются обобщенные статистические характеристики – средние, характеристики положения и меры разброса:

1. *Среднее значение прогнозируемой величины* (\bar{y}), которое определяется по формуле

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n},$$

где y_i – значение прогнозируемой величины, данное i -м экспертом;
 n – число экспертов в группе.

При известных коэффициентах компетентности экспертов корректнее применять среднюю взвешенную оценку, используя в качестве весов коэффициенты компетентности:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i k_i}{\sum_{i=1}^n k_i},$$

где k_i – коэффициент компетентности i -го эксперта.

2. *Медиана* (M_e) (такое значение прогнозируемой величины, которое разбивает вариационный ряд оценок пополам, одна половина оценок меньше медианы, вторая – больше).

Если количество экспертных оценок нечетное, то медиана – оценка, находящаяся в центре вариационного ряда; если же количество экспертных оценок четное, то медиана – среднее арифметическое двух оценок, находящихся в центре ряда.

3. *Мода* (M_o) (наиболее часто встречающаяся в вариационном ряду оценка).

4. *Квартили* (значения прогнозируемой величины в вариационном ряду оценок по возрастанию, которые делят ряд на четыре равные части).

Первая, или нижняя, квартиль (Q_1) – такое значение прогнозируемой величины, которое разбивает вариационный ряд оценок по воз-

растанию в отношении 1:3, т. е. ниже нижней квартили находится 25% совокупности оценок.

Вторая квартиль соответствует медиане ($Q_2 = M_e$).

Третья, или верхняя, квартиль (Q_3) – такое значение прогнозируемой величины, которое разбивает вариационный ряд оценок по возрастанию в отношении 3:1, т. е. выше верхней квартили находится 25% совокупности оценок.

Значения первой и третьей квартилей позволяют выделить 50%-ный коридор экспертных оценок.

Считается, что мнение экспертов согласовано, если разность первой и третьей квартилей меньше медианы.

5. *Квинтили* (значения прогнозируемой величины в вариационном ряду оценок по возрастанию, которые делят ряд на пять равных частей).

6. *Децили* (значения прогнозируемой величины в вариационном ряду оценок по возрастанию, которые делят ряд на десять равных частей).

7. *Перцентили* (значения прогнозируемой величины в вариационном ряду оценок по возрастанию, которые делят ряд на сто равных частей).

8. *Размах вариации значений прогнозируемой величины* (R), определяемый по формуле

$$R = y_{\max} - y_{\min},$$

где y_{\max} – максимальное значение прогнозируемой величины, данное экспертами;

y_{\min} – минимальное значение прогнозируемой величины, данное экспертами.

9. *Дисперсия значений прогнозируемой величины* (D), которая рассчитывается следующим образом:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}.$$

Если число экспертов в группе не превышает 30, что характерно для большинства экспертиз, то для расчета дисперсии применяется формула [6]

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}.$$

10. Среднеквадратическое отклонение индивидуальных экспертных оценок (σ), которое определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{D}.$$

11. Коэффициент вариации оценок, данных экспертами (v), который обычно выражается в процентах:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{y}} \cdot 100\%.$$

С помощью приведенных выше характеристик оценивают качество прогнозных оценок исходя из предположения, что согласованность ответов экспертов гарантирует достоверность оценок. На практике отдельные эксперты, не согласные с мнением большинства, могут давать правильные оценки.

Задача 5. Двум группам экспертов было предложено спрогнозировать значение показателя A в следующем году. Результаты прогноза приведены в таблицах 6, 7.

Таблица 6 – Результаты прогноза значения показателя A (группа 1)

Номер эксперта	1	2	3	4	5
Прогнозное значение показателя A	1	1	1	2	2

Таблица 7 – Результаты прогноза значения показателя A (группа 2)

Номер эксперта	1	2	3	4	5	6	7
Прогнозное значение показателя A	3	2	1	1	1	2	1

Проанализируйте оценки экспертов, определив для каждой из групп среднее значение, размах вариации, дисперсию, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации оценок прогнозного значения показателя A . На основе найденных статистических характеристик определите группу экспертов, имеющую наибольшую согласованность во мнениях.

Задача 6. В таблице 8 приведены результаты экспертизы.

Таблица 8 – Результаты экспертизы

Прогнозное значение показателя <i>A</i>	1	2	3	4	5	6
Число ответивших экспертов	2	19	16	15	25	25

Определите моду, медиану, 50, 60, 80, 98%-ный коридоры экспертных оценок.

Если прогнозируемую величину не удастся оценить в количественной шкале, ее оценивают в качественной шкале. Полученные в этом случае качественные оценки могут представлять собой результаты ранжирования, непосредственной оценки, парных сравнений (предпочтений) объектов относительно степени выраженности, наличия у них оцениваемой величины (признака). Рассмотрим ниже процессы получения и обработки этих результатов.

Ранжированием называется расположение объектов (показателей, факторов, явлений) в порядке возрастания (убывания) некоторого общего признака. Ранжирование может применяться в следующих ситуациях:

- когда необходимо упорядочить какие-либо явления (объекты) во времени или пространстве;
- если нужно упорядочить объекты в соответствии с каким-либо качеством (признаком), но при этом не требуется производить его точное измерение;
- когда какое-либо качество (признак) в принципе измеримо, но в настоящий момент не может быть измерено по причинам практического или теоретического характера.

Сущность процедуры ранжирования заключается в том, что эксперт должен расположить объекты в порядке, который представляется ему наиболее рациональным, и приписать каждому из них число натурального ряда – ранг.

При этом возможны два исхода:

- 1) число различных рангов совпадает с числом ранжируемых объектов;
- 2) число различных рангов не совпадает с числом ранжируемых объектов.

Второй исход имеет место тогда, когда эксперт не в состоянии указать порядок следования для двух или нескольких объектов либо он присваивает разным объектам один и тот же ранг (наличие связанных рангов в ранжировке). В таких случаях объектам приписывают так называемые стандартизированные ранги. С этой целью общее количество стандартизированных рангов полагают равным количеству ран-

жируемых объектов, а объектам, имеющим одинаковые ранги, присваивают стандартизированный ранг, значение которого представляет среднее арифметическое мест, поделенных между собой объектами с одинаковыми рангами.

Используя ранжирование как метод измерения характеристик объектов, необходимо помнить, что с помощью рангов выражают субъективное предпочтение одного объекта оценивания перед другим (другими) без указания степени предпочтительности, т. е. ранжировка показывает лишь факт предпочтения, а не меру степени предпочтения. Если объект имеет ранг, равный единице, то это не значит, что он предпочтительнее объекта, имеющего ранг 3, в три раза или на две единицы. Это только порядок предпочтения.

Пример 2. Используя ранги, присвоенные экспертом каждому из десяти объектов прогнозирования (таблица 9), определите стандартизированные ранги для этих объектов.

Таблица 9 – Результаты ранжирования экспертом десяти объектов

Номер объекта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ранг, присвоенный экспертом	1	3	3	2	5	7	6	2	2	2

Решение

Десять рассматриваемых объектов займут, соответственно, десять мест.

Займемся распределением мест.

Ранг 1 присвоен только одному объекту – 1. Значит, объект 1 займет первое место.

Ранг 2 приписан четырем объектам, а именно объектам 4, 8, 9 и 10. Следовательно, эта четверка объектов займет следующие четыре места (второе, третье, четвертое и пятое).

Ранг 3 присвоен двум объектам (2 и 3). Значит, эта пара объектов займет следующие из свободных мест (шестое и седьмое).

Ранг 4 отсутствует.

Ранги 5, 6, 7 приписаны, соответственно, объектам 5, 7, 6. Следовательно, объект 5 займет восьмое место, объект 7 – девятое, объект 6 – десятое место.

Определим теперь стандартизированные ранги объектов как среднее арифметическое мест, поделенных между собой объектами с одинаковыми рангами:

- объект 1: $\frac{1}{1} = 1$;
- объекты 4, 8, 9, 10: $\frac{2+3+4+5}{4} = 3,5$;
- объекты 2, 3: $\frac{6+7}{2} = 6,5$;
- объект 5: $\frac{8}{1} = 8$;
- объект 7: $\frac{9}{1} = 9$;
- объект 6: $\frac{10}{1} = 10$.

Результаты представим в таблице 10.

Таблица 10 – Стандартизация рангов, присвоенных экспертом

Номер объекта	Ранг	Занимаемое место	Стандартизованный ранг
1	1	1	1
2	3	6	6,5
3	3	7	6,5
4	2	2	3,5
5	5	8	8
6	7	10	10
7	6	9	9
8	2	3	3,5
9	2	4	3,5
10	2	5	3,5

Задача 7. Используя ранги, присвоенные экспертом каждому из шести объектов прогнозирования (таблица 11), определите стандартизованные ранги для этих объектов.

Таблица 11 – Результаты ранжирования экспертом шести объектов

Номер объекта	1	2	3	4	5	6
Ранг, присвоенный экспертом	1	2	3	3	2	3

Задача 8. Используя ранги, присвоенные экспертом каждому из десяти объектов прогнозирования (таблица 12), определите стандартизированные ранги для этих объектов.

Таблица 12 – Результаты ранжирования экспертом десяти объектов

Номер объекта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ранг, присвоенный экспертом	3	7	1	3	2	2	2	6	5	8

Приведем этапы обработки качественных оценок, полученных от m ($i = 1, 2, \dots, m$) экспертов при исследовании n ($j = 1, 2, \dots, n$) объектов:

1) для каждого из экспертов, используя ранги, указанные экспертом, рассчитываются соответствующие стандартизированные ранги;

2) для каждого j -го объекта рассчитывается сумма стандартизированных рангов (S_j), полученных на первом этапе, по формуле

$$S_j = \sum_{i=1}^m x_{ij},$$

где m – количество экспертов;

x_{ij} – стандартизированный ранг, присвоенный i -м экспертом j -му объекту;

3) каждому из исследуемых объектов приписывается результирующий ранг:

- результирующий ранг 1 – объекту, получившему наименьшую сумму стандартизированных рангов;

- результирующий ранг n – объекту, получившему наибольшую сумму стандартизированных рангов;

- остальные объекты упорядочиваются в соответствии со значением суммы стандартизированных рангов относительно объекта, которому был приписан результирующий ранг 1;

4) по значениям n найденных результирующих рангов формулируется вывод об упорядочении n исследуемых объектов по мнению экспертной группы.

Точность и надежность процедуры ранжирования в значительной степени зависят от количества объектов. Чем таких объектов меньше, тем выше их «различимость» с точки зрения эксперта, а следовательно, тем более надежно можно установить ранг объекта. Количество ранжируемых объектов n не должно быть больше 20, а наиболее надежна эта процедура при $n < 10$.

Пример 3. Пяти экспертам ($m = 5$) было предложено проранжировать девять факторов ($n = 9$) по уменьшению степени их влияния на производительность труда рабочих организации (фактору, оказывающему наибольшее влияние на производительность труда, приписывался ранг 1, следующему – ранг 2 и т. д.).

Набор этих факторов следующий:

- коэффициент напряженности норм (X_1);
- условия труда рабочего (освещенность, санитарные условия) (X_2);
- стаж работы по специальности (X_3);
- состояние тарифной системы (X_4);
- состояние оборудования (X_5);
- коэффициент ритмичности поставок сырья (X_6);
- сбыт продукции (X_7);
- социально-психологические условия (X_8);
- организация работы по обеспечению рабочих мест инструментом (X_9) и т. п.

Результаты ранжирования приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты ранжирования пятью экспертами девяти факторов

Номер эксперта (i)	Факторы (j)								
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
1	1	2	3	2	4	1	1	6	2
2	3	4	5	6	3	2	1	7	4
3	2	3	4	3	3	1	2	5	6
4	1	1	2	4	4	1	1	5	3
5	4	5	6	7	5	3	1	4	2

Обработав информацию, полученную от экспертов, на основе результирующих рангов сделайте вывод о степени влияния каждого из факторов на производительность труда рабочих организации по мнению экспертной группы.

Решение

Используем вышеприведенный алгоритм обработки информации, полученной от экспертов. Результаты этапов обработки представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты обработки

Номер эксперта (i)	Факторы (j)								
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
1	2	5	7	5	8	2	2	9	5
2	3,5	5,5	7	8	35	2	1	9	5,5
3	2,5	5	7	5	5	1	2,5	8	9
4	2,5	2,5	5	7,5	75	2,5	2,5	9	6
5	4,5	6,5	8	9	6,5	3	1	4,5	2
$S_j = \sum_{i=1}^5 x_{ij}$	15	24,5	34	34,5	30,5	10,5	9	39,5	27,5
Результирующий ранг	3	4	7	8	6	2	1	9	5

Следовательно, по мнению экспертов, ранжировавших факторы по уменьшению степени их влияния, производительность труда рабочих организации в наибольшей степени зависит от возможности сбыта продукции (X_7), а в наименьшей степени – от социально-психологических условий (X_8). Остальные семь факторов по уменьшению степени их влияния на производительность труда по мнению экспертов образуют следующую последовательность:

- коэффициент ритмичности поставок сырья (X_6);
- коэффициент напряженности норм (X_1);
- условия труда рабочего (X_2);
- организация работы по обеспечению рабочих мест инструментом и т. п. (X_9);
- состояние оборудования (X_5);
- стаж работы по специальности (X_3);
- состояние тарифной системы (X_4).

Задача 9. Восемью экспертам ($m = 8$) было предложено проранжировать десять факторов ($n = 10$) по уменьшению степени их влияния на рождаемость.

Набор этих факторов следующий:

- доход семьи (X_1);
- уровень рождаемости (X_2);
- количество браков (X_3);
- социальная поддержка неполных семей (X_4);
- вредные привычки (X_5);
- количество дошкольных учреждений (X_6);
- пропаганда рождаемости (X_7);

- уровень занятости среди женщин (X_8);
- уровень смертности (X_9);
- уровень образования (X_{10}).

Результаты ранжирования приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты ранжирования восемью экспертами десяти факторов

Номер эксперта (i)	Факторы (j)									
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
1	10	3	5	8	9	4	1	2	7	6
2	10	9	8	9	8	7	7	10	10	1
3	9	4	6	7	6	1	1	6	5	1
4	9	10	7	5	2	5	1	4	5	10
5	10	5	6	7	6	3	1	4	6	8
6	8	5	5	3	9	9	1	2	6	4
7	7	10	5	5	10	10	1	8	4	10
8	10	9	3	7	3	1	1	5	6	10

Обработав информацию, полученную от экспертов, на основе результирующих рангов сделайте вывод о степени влияния каждого из факторов на рождаемость по мнению экспертной группы.

Задача 10. Даны результаты ранжирования пятью экспертами ($m = 5$) десяти показателей ($n = 10$) по увеличению степени их влияния на качество изделия A (таблица 16).

Таблица 16 – Результаты ранжирования пятью экспертами десяти показателей

Номер эксперта (i)	Показатели (j)									
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
1	4	4	3	3	4	2	5	4	5	5
2	7	2	5	6	1	4	3	2	7	4
3	4	2	6	7	5	3	1	7	4	2
4	8	3	7	8	4	7	6	5	1	2
5	1	2	4	3	3	5	2	3	7	6

Обработав информацию, полученную от экспертов, на основе результирующих рангов сделайте вывод о степени влияния каждого из показателей на качество изделия A по мнению экспертной группы.

Сущность **метода непосредственной оценки** состоит в том, что диапазон изменения какого-либо свойства, присущего в той или иной степени всем оцениваемым объектам, разбивают на несколько интервалов, каждому из которых присваивают определенный балл (например, от 0 до 10 или от 0 до 5). Шкала баллов может включать и отрицательные значения (например, от -3 до $+3$ баллов). Задача эксперта заключается в помещении каждого из оцениваемых объектов в определенный интервал в соответствии с мнением эксперта по поводу степени обладания объектом рассматриваемого свойства. В итоге информация, полученная от эксперта методом непосредственной оценки, представляет собой соответствие между оцениваемыми объектами и значениями балловой шкалы.

Пусть m – число экспертов, n – число оцениваемых объектов, p_{ij} – количество баллов, присвоенных i -м экспертом j -му объекту. Тогда обработка информации, полученной от экспертов методом непосредственной оценки, может быть проведена следующим образом:

1) для каждого j -го объекта ($j = 1, 2, \dots, n$) рассчитывается средний балл j -го объекта по всем m экспертам (P_j):

- если эксперты проводили оценку по одной и той же шкале баллов:

$$P_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m p_{ij};$$

- если у каждого эксперта была своя шкала баллов, то сначала рассчитывается относительная значимость всех объектов в отдельности для каждого эксперта (W_{ij}):

$$W_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sum_{j=1}^n p_{ij}},$$

а затем P_j по формуле

$$P_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m w_{ij};$$

2) для каждого j -го объекта ($j = 1, 2, \dots, n$) определяется коэффициент весомости (вес) j -го объекта по отношению к рассматриваемому свойству (K_j):

$$K_j = \frac{p_j}{\sum_{j=1}^n p_j};$$

3) по значениям n найденных коэффициентов весомости объектов формулируется вывод о степени обладания каждым объектом рассматриваемого свойства по мнению экспертной группы:

- наибольший коэффициент весомости соответствует объекту, обладающему свойством в наибольшей степени;
- наименьший коэффициент весомости – объекту, обладающему свойством в наименьшей степени;
- остальные коэффициенты весомости будут способствовать упорядочиванию объектов по степени обладания свойством относительно объекта, которому соответствует наибольший коэффициент весомости.

Задача 11. Четырем экспертам ($m = 4$) было предложено методом непосредственной оценки оценить степень влияния каждого из пяти показателей ($n = 5$) X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 на качество изделия A . Эксперты работали по шкале баллов от 0 до 3, отражающей возрастание качества изделия A . Информация, полученная от экспертов, приведена в таблице 17.

Таблица 17 – **Результаты оценки методом непосредственной оценки четырьмя экспертами пяти показателей**

Номер эксперта (i)	Показатели (j)				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	1	1	2	2	3
2	0	0	2	3	2
3	1	0	3	3	3
4	0	1	2	3	2

Обработав информацию, полученную от экспертов, сделайте вывод о степени влияния каждого из показателей на качество изделия A по мнению экспертной группы.

Задача 12. Двум экспертам ($m = 2$) было предложено методом непосредственной оценки оценить шесть направлений исследований ($n = 6$) A, B, C, D, E, F с точки зрения их важности для достижения

определенной цели. Эксперты работали по различным шкалам баллов, отражающим увеличение степени важности направлений. Информация, полученная от экспертов, приведена в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты оценки методом непосредственной оценки двумя экспертами шести направлений исследований

Номер эксперта (i)	Направления (j)					
	A	B	C	D	E	F
1	10	7	9	3	4	5
2	8	6	10	4	2	7

Обработав информацию, полученную от экспертов, сделайте вывод о степени важности каждого из направлений исследований по мнению экспертной группы.

Рассмотрим два **метода парных сравнений (предпочтений)**, существенно отличающихся друг от друга.

Метод частичного парного сравнения. Точность и надежность процедур ранжирования и непосредственной оценки большего числа объектов можно в определенной степени повысить, если предложить экспертам произвести сравнение оцениваемых объектов попарно, с тем, чтобы установить в каждой паре объектов объект, обладающий в большей степени рассматриваемым свойством (наиболее важный, значимый, предпочтительный).

При оценивании n ($i = 1, 2, \dots, n$) объектов j -му ($j = 1, 2, \dots, m$) эксперту предлагают заполнить таблицу предпочтений (матрицу предпочтений). Пример таблицы предпочтений j -го эксперта приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Таблица предпочтений j -го эксперта

Номер объекта (i)	1	2	...	y	...	n	$r_i^{(j)}$
1	—						
2	—	—	—				
...	—	—	—				
x	—	—	—	—			
...	—	—	—	—	—		
n	—	—		—	—	—	
$S_i^{(j)}$							

Заполняет эксперт только клетки (x, y) , где x – номер строки, y – номер столбца таблицы, для которых $x < y$; столбец $r_i^{(j)}$ и строку $S_i^{(j)}$ эксперт не заполняет.

В каждую клетку (x, y) , где $x < y$, эксперт заносит результат сравнения объекта x и объекта y , а именно номер объекта из рассматриваемой пары объектов, который, по мнению эксперта, обладает в большей степени рассматриваемым свойством (наиболее важный, предпочтительный).

Приведем этапы обработки информации, полученной от m ($j = 1, 2, \dots, m$) экспертов при оценке n ($i = 1, 2, \dots, n$) объектов методом частичного парного сравнения:

1) для каждого j -го эксперта:

- подсчитывается и заносится в крайний правый столбец таблицы (столбец $r_i^{(j)}$) частота предпочтения i -го объекта в i -й строке;
- подсчитывается и заносится в нижнюю строку таблицы (строку $S_i^{(j)}$) частота предпочтения i -го объекта в i -м столбце всем остальным;
- для каждого i -го объекта определяется суммарная частота предпочтения i -го объекта ($M_i^{(j)}$):

$$M_i^{(j)} = s_i^{(j)} + r_i^{(j)};$$

2) для каждого i -го объекта рассчитывается средняя для всех экспертов частота предпочтения i -го объекта (M_i):

$$M_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m M_i^{(j)};$$

3) для каждого i -го объекта рассчитывается коэффициент весомости i -го объекта (K_i):

$$K_i = \frac{2M_i}{n(n-1)};$$

4) по значениям n найденных коэффициентов весомости объектов формулируется вывод о степени обладания каждым объектом рассматриваемого свойства (порядка предпочтений среди оцениваемых объектов) по мнению экспертной группы.

Пример 4. Результаты частичного парного сравнения пяти вариантов действий в будущем (объектов) ($n = 5$), а именно 1, 2, 3, 4, 5, при определении наиболее предпочтительного варианта действий четырьмя экспертами ($m = 4$) приведены, соответственно, в таблицах 20–23.

Таблица 20 – Результаты частичного парного сравнения вариантов действий, представленные первым экспертом

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(1)}$
1	–	1	1	4	1	
2	–	–	3	4	2	
3	–	–	–	3	5	
4	–	–	–	–	5	
5	–	–	–	–	–	
$S_i^{(1)}$						

Таблица 21 – Результаты частичного парного сравнения вариантов действий, представленные вторым экспертом

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(2)}$
1	–	1	3	1	5	
2	–	–	2	4	2	
3	–	–	–	3	5	
4	–	–	–	–	4	
5	–	–	–	–	–	
$S_i^{(2)}$						

Таблица 22 – Результаты частичного парного сравнения вариантов действий, представленные третьим экспертом

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(3)}$
1	–	2	1	4	1	
2	–	–	3	4	2	
3	–	–	–	3	3	
4	–	–	–	–	5	
5	–	–	–	–	–	
$S_i^{(3)}$						

Таблица 23 – Результаты частичного парного сравнения вариантов действий, представленные четвертым экспертом

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(4)}$
1	–	1	1	1	5	

Окончание таблицы 23

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(4)}$
2	–	–	3	4	2	
3	–	–	–	4	3	
4	–	–	–	–	5	
5	–	–	–	–	–	
$S_i^{(4)}$						

Обработав информацию, полученную от экспертов, сделайте вывод о степени предпочтения каждого из вариантов действий, определите наиболее предпочтительный вариант действий по мнению экспертной группы.

Решение

Для данных в условии четырех таблиц подсчитываем и заносим в соответствующие столбец и строку значения показателей $r_i^{(j)}$ и $S_i^{(j)}$ ($j = 1, 2, 3, 4$). Результаты представлены в таблице 24–27.

Таблица 24 – Частоты предпочтения первого эксперта

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(1)}$
1	–	1	1	4	1	3
2	–	–	3	4	2	1
3	–	–	–	3	5	1
4	–	–	–	–	5	0
5	–	–	–	–	–	0
$S_i^{(1)}$	0	0	1	2	2	

Таблица 25 – Частоты предпочтения второго эксперта

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(2)}$
1	–	1	3	1	5	2
2	–	–	2	4	2	2
3	–	–	–	3	5	1
4	–	–	–	–	4	1
5	–	–	–	–	–	0
$S_i^{(2)}$	0	0	1	1	2	

Таблица 26 – Частоты предпочтения третьего эксперта

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(3)}$
1	–	2	1	4	1	2
2	–	–	3	4	2	1
3	–	–	–	3	3	2
4	–	–	–	–	5	0
5	–	–	–	–	–	0
$S_i^{(3)}$	0	1	1	2	1	

Таблица 27 – Частоты предпочтения четвертого эксперта

Варианты действий (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(4)}$
1	–	1	1	1	5	3
2	–	–	3	4	2	1
3	–	–	–	4	3	1
4	–	–	–	–	5	0
5	–	–	–	–	–	0
$S_i^{(4)}$	0	0	1	2	2	

Результаты определения суммарных частот предпочтения ($M_i^{(j)}$) ($j = 1, 2, 3, 4$) для каждого из пяти вариантов действий ($i = 1, 2, 3, 4, 5$), а также расчет средних для всех экспертов частот предпочтения по каждому из вариантов действий (M_i) представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Суммарные частоты предпочтения, средние частоты предпочтения по пяти вариантам действий для четырех экспертов

Варианты действий (i)	$M_i^{(j)}$				M_i
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	
1	3	2	2	3	$\frac{3+2+2+3}{4} = \frac{10}{4}$
2	1	2	2	1	$\frac{1+2+2+1}{4} = \frac{6}{4}$
3	2	2	3	2	$\frac{2+2+3+2}{4} = \frac{9}{4}$

Окончание таблицы 28

Варианты действий (i)	$M_i^{(j)}$				M_i
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	
4	2	2	2	2	$\frac{2+2+2+2}{4} = \frac{8}{4}$
5	2	2	1	2	$\frac{2+2+1+2}{4} = \frac{7}{4}$

Рассчитаем коэффициенты весомости каждого из вариантов действий:

$$K_1 = \frac{2 \cdot \frac{10}{4}}{5(5-1)} = 0,25; \quad K_2 = \frac{2 \cdot \frac{6}{4}}{5(5-1)} = 0,15;$$

$$K_3 = \frac{2 \cdot \frac{9}{4}}{5(5-1)} = 0,225; \quad K_4 = \frac{2 \cdot \frac{8}{4}}{5(5-1)} = 0,2;$$

$$K_5 = \frac{2 \cdot \frac{7}{4}}{5(5-1)} = 0,175;$$

$$\left(\sum_{i=1}^5 K_i = 0,25 + 0,15 + 0,225 + 0,2 + 0,175 = 1 \right).$$

Наибольший коэффициент весомости – у первого варианта действий ($K_1 = 0,25$), наименьший – у второго ($K_2 = 0,15$).

Ввиду найденных коэффициентов весомости пяти вариантов действий в будущем по степени уменьшения предпочтения варианты действий по мнению экспертной группы располагаются в следующем порядке: 1, 3, 4, 5, 2.

Таким образом, наиболее предпочтительный вариант действий в будущем – 1.

Задача 13. Результаты оценки тремя экспертами ($m = 3$) пяти проектов ($n = 5$) (при определении наиболее важного проекта для социально-экономического развития области) методом частичного парного сравнения приведены, соответственно, в таблицах 29–31.

Таблица 29 – Результаты частичного парного сравнения проектов, представленные первым экспертом

Номер проекта (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(1)}$
1	–	2	1	1	5	
2	–	–	3	2	2	
3	–	–	–	3	3	
4	–	–	–	–	4	
5	–	–	–	–	–	
$S_i^{(1)}$						

Таблица 30 – Результаты частичного парного сравнения проектов, представленные вторым экспертом

Номер проекта (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(2)}$
1	–	1	1	4	1	
2	–	–	2	2	5	
3	–	–	–	3	3	
4	–	–	–	–	4	
5	–	–	–	–	–	
$S_i^{(2)}$						

Таблица 31 – Результаты частичного парного сравнения проектов, представленные третьим экспертом

Номер проекта (i)	1	2	3	4	5	$r_i^{(3)}$
1	–	2	1	4	5	
2	–	–	3	4	2	
3	–	–	–	3	5	
4	–	–	–	–	4	
5	–	–	–	–	–	
$S_i^{(3)}$						

Обработав информацию, полученную от экспертов, сделайте вывод о степени важности каждого из проектов, определите проект, наиболее важный, по мнению экспертной группы, для социально-эконо-

мического развития области.

Задача 14. Результаты частичного парного сравнения девяти факторов (объектов) ($n = 9$) при определении фактора, оказывающего наибольшее влияние на показатель получения высшего образования, пятью экспертами ($m = 5$) приведены, соответственно, в таблицах 32–36.

Таблица 32 – Результаты частичного парного сравнения факторов, представленные первым экспертом

Номер фактора (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$r_i^{(1)}$
1	–	1	1	1	1	1	1	1	9	
2	–	–	2	2	2	2	2	2	9	
3	–	–	–	3	5	6	3	8	9	
4	–	–	–	–	5	6	7	8	9	
5	–	–	–	–	–	6	5	8	9	
6	–	–	–	–	–	–	6	6	9	
7	–	–	–	–	–	–	–	8	9	
8	–	–	–	–	–	–	–	–	9	
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
$S_i^{(1)}$										

Таблица 33 – Результаты частичного парного сравнения факторов, представленные вторым экспертом

Номер фактора (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$r_i^{(2)}$
1	–	2	1	1	1	1	1	1	9	
2	–	–	2	2	2	2	2	2	9	
3	–	–	–	4	5	6	3	8	9	
4	–	–	–	–	4	6	4	4	9	
5	–	–	–	–	–	6	5	8	9	
6	–	–	–	–	–	–	6	8	9	
7	–	–	–	–	–	–	–	7	9	
8	–	–	–	–	–	–	–	–	9	
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
$S_i^{(2)}$										

Таблица 34 – Результаты частичного парного сравнения факторов, представленные третьим экспертом

Номер фактора (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$r_i^{(3)}$
1	–	1	1	1	1	1	1	1	9	
2	–	–	2	4	2	2	2	2	2	
3	–	–	–	3	3	3	3	3	3	
4	–	–	–	–	4	4	4	4	4	
5	–	–	–	–	–	5	5	5	5	
6	–	–	–	–	–	–	6	8	9	
7	–	–	–	–	–	–	–	7	7	
8	–	–	–	–	–	–	–	–	8	
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
$S_i^{(3)}$										

Таблица 35 – Результаты частичного парного сравнения факторов, представленные четвертым экспертом

Номер фактора (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$r_i^{(4)}$
1	–	1	1	1	1	1	1	8	9	
2	–	–	2	2	2	2	2	2	2	
3	–	–	–	3	5	6	3	3	9	
4	–	–	–	–	4	6	4	8	9	
5	–	–	–	–	–	6	7	8	9	
6	–	–	–	–	–	–	6	8	9	
7	–	–	–	–	–	–	–	8	9	
8	–	–	–	–	–	–	–	–	9	
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$S_i^{(4)}$										

Таблица 36 – Результаты частичного парного сравнения факторов, представленные пятым экспертом

Номер фактора (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$r_i^{(5)}$
1	–	2	1	1	1	1	1	1	9	
2	–	–	2	2	2	2	2	2	9	

3	–	–	–	3	5	6	7	8	9	
4	–	–	–	–	5	6	7	8	9	

Окончание таблицы 36

Номер фактора (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$r_i^{(5)}$
5	–	–	–	–	–	6	7	8	9	
6	–	–	–	–	–	–	7	8	9	
7	–	–	–	–	–	–	–	8	9	
8	–	–	–	–	–	–	–	–	9	
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
$S_i^{(3)}$										

В таблицах 32–36 в качестве факторов, оказывающих наибольшее влияние на показатель получения высшего образования, рассматриваются следующие факторы:

- 1 – личное желание;
- 2 – материальное состояние;
- 3 – мода;
- 4 – реклама;
- 5 – традиция;
- 6 – необходимость;
- 7 – общение;
- 8 – место жительства;
- 9 – знания.

Обработав информацию, полученную от экспертов, сделайте вывод о степени влияния каждого из факторов на показатель получения высшего образования по мнению экспертной группы.

Метод полного парного сравнения. Данный метод отличается от частичного парного сравнения лишь тем, что каждая пара сравнивается не один, а два раза, т. е. эксперт заполняет все клетки таблицы 19. Это осуществляют с целью нейтрализации возможной ошибки эксперта, которая возникает за счет того, что эксперт чаще предпочитает объект, стоящий первым из двух сравниваемых. Чем меньше объективная разница в величине двух сравниваемых объектов, тем больше проявляется такое предпочтение.

Коэффициент весомости i -го объекта (K_i) при оценке n объектов методом полного парного сравнения определяется по формуле

$$K_i = \frac{M_i}{n(n-1)}.$$

Задача 15. Используя методы парных сравнений как методы опроса и обработки информации, полученной от экспертов, сделайте вывод о весомости для пользователей шести функций сотового телефона (фотокамера, игры, мультимедиа, WAP, музыка, электронная почта).

Задача 16. Используя методы парных сравнений как методы опроса и обработки информации, полученной от экспертов, спрогнозируйте степень влияния факторов производства (социума) на один из основных производственных, экономических, социальных показателей деятельности некоторой организации (структурного подразделения).

На практике результаты парного сравнения могут быть представлены в виде матрицы парных сравнений $A = (a_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, n$; n – количество объектов сравнения, а элемент матрицы a_{ij} – отражение отношения (более предпочтительно, менее предпочтительно, безразлично) между оцениваемыми объектами i и j по мнению эксперта. Например, если i -й объект предпочтительнее j -го, оценка a_{ij} принимается равной 1; в противоположном случае, когда i -й объект менее предпочтителен, чем j -й, оценка $a_{ij} = -1$. Если же i -й объект эквивалентен j -му объекту, то $a_{ij} = a_{ji} = 0$.

Любую ранжировку легко превратить в матрицу парных сравнений, если определить a_{ij} – элемент матрицы сравнений – $i, j = 1, 2, \dots, n$, например, следующим образом:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & r_i < r_j, \\ -1, & r_i > r_j, \\ 0, & r_i = r_j, \end{cases}$$

где r_i, r_j – ранги, присвоенные, соответственно, i -му и j -му объектам.

Рассмотрим в качестве примера ранжировку пяти объектов, представленную в таблице 37.

Таблица 37 – Результаты ранжирования экспертом пяти объектов

Номер объекта	1	2	3	4	5
Ранг объекта	9	7	4	7	5

Матрица парных сравнений, соответственно, имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Задача 17. На основе предъявленной экспертом ранжировки объектов сравнения (таблица 38) воспроизведите его попарные предпочтения объектов. Результат представьте в виде матрицы парных сравнений.

Таблица 38 – Результаты ранжирования экспертом девяти объектов

Номер объекта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ранг объекта	7	2	4,5	1	9	4,5	3	3	3

Рассмотрим оценку согласованности результатов экспертизы в качественной шкале представления оценок.

Пусть исходный материал оценки согласованности – ранжировки, причем самый важный объект имеет ранг, равный 1, m – число экспертов, n – количество объектов.

Проверка согласованности мнений пар экспертов

Для оценки меры сходства мнений пары экспертов используют:

1. Коэффициент ассоциации (S_{ij}) – измеритель сходства оценок i -го и j -го экспертов, показывающий вес одинаково оцененных объектов относительно общей меры величины сделанных оценок и рассчитываемый по формуле

$$S_{ij} = \frac{2m_{ij}}{t_i \log_2 \left(1 + \frac{t_j}{t_i} \right) + t_j \log_2 \left(1 + \frac{t_i}{t_j} \right)},$$

где m_{ij} – количество объектов, одинаково оцененных i -м и j -м экспертами;

t_i – количество объектов, оцененных i -м экспертом;

t_j – количество объектов, оцененных j -м экспертом.

Диапазон значений S_{ij} – от 0 до 1, причем $S_{ij} = 1$ соответствует полному совпадению мнений экспертов, а $S_{ij} = 0$ – их полному различию.

Коэффициент ассоциации – наиболее грубая оценка меры сходства мнений пары экспертов.

2. *Меры парной ранговой корреляции Спирмэна и Кендалла.* Обязательным условием применения методов ранговой корреляции к ранжированным данным является равенство числа рангов в ранжировке каждого эксперта числу оцениваемых объектов. Это означает, что сумма рангов в каждой экспертной ранжировке должна быть равна $\frac{1}{2}n(n+1)$. В случаях, когда по тем или иным причинам число оценок, полученных от эксперта, меньше числа оцениваемых объектов, по ранжировке, полученной от эксперта, рассчитывают стандартизированные ранги.

2.1. *Коэффициент ранговой корреляции Спирмэна (ρ).* Данный показатель определяется следующим образом:

$$\rho = 1 - \frac{6S(d^2)}{n^3 - n} = 1 - \frac{6 \sum_{j=1}^n d_j^2}{n^3 - n}, \quad (1)$$

где d_j – разность между рангами j -го объекта, полученными на основе ранжирования объектов двумя экспертами.

В случае наличия в ранжировках экспертов групп равных (связных) рангов используют модифицированную форму коэффициента ранговой корреляции Спирмэна:

$$\tilde{\rho} = \frac{\rho - \frac{6}{n^3 - n}(T_1 + T_2)}{\sqrt{\left(1 - \frac{12T_1}{n^3 - n}\right)\left(1 - \frac{12T_2}{n^3 - n}\right)}}. \quad (2)$$

Расчет поправочного коэффициента (T_i) для i -го эксперта ($i = 1, 2$)

производят следующим образом:

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{m_i} ((n_t^i)^3 - n_t^i),$$

где m_i – количество групп связанных рангов у i -го эксперта;

n_t^i – количество объектов, входящих в t -ю группу связанных рангов у i -го эксперта.

Если совпадающих рангов в k -й ранжировке нет, то $T_k = 0$.

2.2. *Коэффициент ранговой корреляции Кендалла (τ)*. В практике оценивания под этим названием используют несколько отличающихся измерителей. Приведем два из них (τ_1 и τ_2).

Для расчета τ_1 предварительно выполняют следующее преобразование (*) исходных ранжировок. Оценки объектов любого из двух экспертов (например, первого) упорядочивают в порядке возрастания рангов. После чего проводят соответствующее согласованное преобразование над ранжировкой второго эксперта.

Коэффициент ранговой корреляции Кендалла (τ_1) определяют по формуле

$$\tau_1 = \frac{2S}{n(n-1)}, \quad (3)$$

где S – сумма числа пар рангов, следующих в прямом порядке (положительные баллы), за вычетом суммы числа пар рангов, следующих в обратном порядке (отрицательные баллы), для преобразованной ранжировки второго эксперта.

В случае наличия в ранжировках экспертов групп связанных рангов используют модифицированную форму коэффициента:

$$\tilde{\tau}_1 = \frac{2S}{\sqrt{(n(n-1)-u_1)(n(n-1)-u_2)}}. \quad (4)$$

Поправочный коэффициент (u_i) для i -го эксперта ($i = 1, 2$) определяют по формуле

$$u_i = \sum_{t=1}^{m_i} ((n_t^i)^2 - n_t^i).$$

Если совпадающих рангов в i -й ранжировке нет, то $u_i = 0$.

Для расчета τ_2 предварительно исходные ранжировки превращают в соответствующие матрицы парных сравнений.

Коэффициент ранговой корреляции Кендалла (τ_2) определяют по следующей формуле:

$$\tau_2 = \frac{\sum_{ij} a_{ij}^1 a_{ij}^2}{\left(\sum_{ij} (a_{ij}^1)^2 \sum_{ij} (a_{ij}^2)^2 \right)^{1/2}}, \quad (5)$$

где a_{ij}^1 – элементы матрицы парных сравнений, представленной первым экспертом;

a_{ij}^2 – элементы матрицы парных сравнений, представленной вторым экспертом.

Коэффициент ранговой корреляции Кендалла τ_2 – наиболее универсальный измеритель согласованности мнений пары экспертов (по мнению М. Кендалла).

Величины ρ и τ принимают значения в диапазоне от -1 до $+1$. Чем ближе они к нулю, тем меньше степень согласованности экспертных оценок. Предельные значения -1 и $+1$ характеризуют, соответственно, полную отрицательную и полную положительную связанности во мнениях.

Пример 5. Пусть четыре проекта развития организации оцениваются по степени предпочтительности двумя экспертами. Предложено проранжировать проекты в соответствии со степенью убывания привлекательности проекта с точки зрения оценщиков. Полученные результаты индивидуальных оценок приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Результаты ранжирования двумя экспертами четырех проектов

Номер эксперта (i)	Номер проекта (j)			
	1	2	3	4
1	1	2,5	2,5	4
2	4	3	3	1

Определите степень согласованности между этими ранжировками

с помощью мер парной ранговой корреляции Спирмэна и Кендалла.

Решение

Прежде всего проверим обязательное условие применения методов ранговой корреляции к ранжированным данным. Сумма рангов в каждой экспертной ранжировке должна быть равна:

$$\frac{1}{2}n(n+1) = \frac{1}{2} \cdot 4(4+1) = 10.$$

Для первой ранжировки имеем: $1 + 2,5 + 2,5 + 4 = 10$.

Для второй ранжировки имеем: $4 + 3 + 3 + 1 = 11 \neq 10$.

Для второй ранжировки рассчитаем стандартизованные ранги.

Расчет представлен в таблице 40.

Таблица 40 – Расчет стандартизованных рангов

Ранг	Занимаемое место	Стандартизованный ранг
4	4	4
3	2	2,5
3	3	2,5
1	1	1

Проверка: $4 + 2,5 + 2,5 + 1 = 10$.

Исходные данные, приведенные к виду, удовлетворяющему обязательному условию применения методов ранговой корреляции, представлены в таблице 41.

Таблица 41 – Результаты ранжирования с учетом стандартизации

Номер эксперта (<i>i</i>)	Номер проекта (<i>j</i>)			
	1	2	3	4
1	1	2,5	2,5	4
2	4	2,5	2,5	1

Проверим согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмэна. Заметим, что обе ранжировки, содержащиеся в таблице 41, имеют группы связанных рангов.

Рассчитаем значение величины $S(d^2)$ в таблице 42.

Таблица 42 – Расчет величины $S(d^2)$

Номер проекта	Ранг эксперта	<i>d</i>	<i>d</i> ²
---------------	---------------	----------	-----------------------

	первого	второго		
1	1	4	-3	9
2	2,5	2,5	0	0
3	2,5	2,5	0	0
4	4	1	3	9
Итого	–	–	–	18

По формуле (1) имеем: $\rho = 1 - \frac{6 \cdot 18}{4^3 - 4} = -0,8$.

Для уточнения коэффициента ранговой корреляции Спирмэна в соответствии с формулой (2) заметим, что у каждого из экспертов имеется по одной группе связанных рангов, т. е. $m_1 = 1$. В каждую группу связанных рангов входят по два объекта, т. е. $n_1^1 = n_1^2 = 2$. Следовательно, поправочные коэффициенты, используемые в формуле (2), равны:

$$T_1 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5; \quad T_2 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5.$$

Окончательная величина модифицированного коэффициента ранговой корреляции Спирмэна составит:

$$\tilde{\rho} = \frac{-0,8 - \frac{6}{4^3 - 4}(0,5 + 0,5)}{\sqrt{\left(1 - \frac{12 \cdot 0,5}{4^3 - 4}\right)\left(1 - \frac{12 \cdot 0,5}{4^3 - 4}\right)}} = \frac{-0,8 - 0,1}{0,9} = -1.$$

Таким образом, с учетом наличия в ранжировках групп связанных рангов можем констатировать абсолютную противоположность мнений двух экспертов (полную отрицательную связанность во мнениях).

Проверим согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента ранговой корреляции Кендалла:

- Для оценки согласованности по формуле (3) определим сначала значение величины S . Расчет величины S приведен в таблице 43.

Таблица 43 – Расчет величины S

Номер проекта	Ранг эксперта		Баллы для рангов второго эксперта		Итого
	первого	второго	отрицательные	положительные	

1	1	4	0	0	0
2	2,5	2,5	1	0	-1
3	2,5	2,5	1	0	-1
4	4	1	3	0	-3
Итого	–	–	-5	0	-5

При заполнении таблицы 43 сначала проводим предварительное преобразование (*) исходного материала, содержащегося в таблице 41 (в настоящем примере понадобилось лишь проконтролировать его выполнение). Затем подсчитываем отрицательные и положительные баллы, начиная с первой строки для рангов второго эксперта. Первый ранг второго эксперта в таблице 43 равен 4. Число рангов, предшествующих ему и больше его, обратный порядок, определяет количество отрицательных баллов для этого ранга; число рангов, последующих за ним и больше его, прямой порядок, – количество положительных баллов для этого ранга. Аналогичный подсчет баллов проводим по всем рангам второго эксперта. Далее находим сумму положительных баллов, сумму отрицательных баллов и, наконец, значение величины S .

В соответствии с формулой (3) коэффициент ранговой корреляции Кендалла τ_1 равен:

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot (-5)}{4(4-1)} = \frac{-10}{12} = -\frac{5}{6}.$$

Проведем уточнение коэффициента ранговой корреляции Кендалла τ_1 в соответствии с формулой (4) (обоснования применения этой формулы приведены в первом пункте рассматриваемого решения).

Поправочные коэффициенты, используемые в формуле (4), равны:

$$u_1 = 2^2 - 2 = 2; \quad u_2 = 2^2 - 2 = 2.$$

Окончательная величина модифицированного коэффициента ранговой корреляции Кендалла составит:

$$\tilde{\tau}_1 = \frac{2 \cdot (-5)}{\sqrt{(4(4-1)-2)(4(4-1)-2)}} = \frac{-10}{10} = -1.$$

Полученный результат подтверждает ранее сделанные выводы о противоположности мнений экспертов относительно предпочтения проектов.

- Для оценки согласованности по формуле (5) ранжировки табли-

цы 41 преобразуем в соответствующие матрицы парных сравнений:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix} \text{ – матрица парных сравнений первого эксперта;}$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \text{ – матрица парных сравнений второго экс-}$$

перта.

В соответствии с формулой (5) коэффициент ранговой корреляции Кендалла τ_2 равен:

$$\tau_2 = \frac{-10}{(10 \cdot 10)^{\frac{1}{2}}} = -1.$$

Таким образом, еще раз обнаруживаем абсолютную противоположность суждений во мнениях экспертов.

Задача 18. Индивидуальные ранжировки двух экспертов относительно десяти объектов приведены в таблице 44.

Таблица 44 – Результаты ранжирования двумя экспертами десяти объектов

Номер эксперта (i)	Номер объекта (j)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	4	6	5	2	3	7	8	10	9
2	1	3	6	8	2	5	6	4	10	9

Определите степень согласованности между этими ранжировками с помощью мер парной ранговой корреляции Спирмэна и Кендалла.

Задача 19. Индивидуальные оценки двух экспертов относительно сроков окупаемости десяти проектов приведены в таблице 45.

Таблица 45 – Результаты оценки двумя экспертами сроков окупаемости десяти проектов

Номер эксперта (<i>i</i>)	Срок окупаемости по <i>j</i> -му проекту, лет									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1,5	1,2	1,6	1	2	1,4	1,5	2	2,5
2	1,2	1	1,6	1,3	1,4	2	2	1,3	1,5	2,3

Определите степень согласованности между мнениями экспертов с помощью мер парной ранговой корреляции Спирмэна и Кендалла.

Проверка согласованности мнений группы экспертов

Для оценки согласованности мнений группы экспертов численностью большей, чем два человека, используют:

1. *Коэффициент вариации* (μ_i) – измеритель согласованности мнений экспертов в отношении *i*-го объекта. Коэффициент вариации рассчитывается следующим образом:

$$\mu_i = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{\left(\sum_{j=1}^k f_{ij} \right)^2 - \sum_{j=1}^k f_{ij}^2}{\left(\sum_{j=1}^k f_{ij} \right)^2},$$

где *i* – индекс объекта;

k – число градаций (баллов, классов, мест и т. п.) *i*-го объекта в принятой шкале измерений;

f_{ij} – число экспертов, отнесших *i*-й объект к *j*-й градации.

Значения коэффициента вариации заключены в границах от 0 до 1. Степень согласованности мнений экспертов в отношении *i*-го объекта оценивания определяют величиной $(1 - \mu_i)$. При $\mu_i = 0$ констатируют полное совпадение мнений экспертов.

Задача 20. Проведен опрос 23 экспертов о степени влияния 12 конструкторских признаков на удельный расход материалов при производстве синхронных генераторов. Результаты опроса приведены в таблице 46.

Таблица 46 – **Распределение ответов экспертов по степени влияния признаков на удельный расход материалов**

Признаки	Места
----------	-------

	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е	6-е	7-е	8-е	9-е	10-е	11-е	12-е
1. Мощность	20	2	1									
2. Скорость вращения	5	15	3									
3. Коэффициент полезного действия		5	8	1	2	5	2					
4. Особенности конструкции		5	2	6	3	1	4	1				
5. Способ вентиляции	2		7	1	9	1	1	1	1			

Окончание таблицы 46

Признаки	Места											
	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е	6-е	7-е	8-е	9-е	10-е	11-е	12-е
6. Особые технические условия		1	5	4	2	2	1			2		1
7. Cos φ	1	2	5	3	1	3	6	1	1			
8. Класс изоляции	2		2	3	2	4	1	1	1	1	2	4
9. Качество электро-технической стали		2		4	2	1	1	7	5		1	
10. Форма исполнения			2	3	5					3	7	
11. Качество обмоточных проводов		2	1	3		1		4	2	7		2
12. Квалификация работника		3				1	1		5	1	2	3

Данные таблицы 46 характеризуют количество экспертов, присвоивших то или иное место каждому из 12 признаков.

Рассчитайте коэффициенты вариации каждого из 12 признаков. Сделайте вывод о степени согласованности экспертов в отношении каждого признака.

Более универсальным измерителем связи мнений экспертов является коэффициент конкордации.

2. *Коэффициент конкордации* (W) – измеритель степени согласованности мнений экспертов по всем рассматриваемым объектам. Коэффициент конкордации, чаще всего, рассчитывают следующим способом, предложенным М. Кендаллом:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i}; \quad (6)$$

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2; \quad (7)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{m_i} ((n_t^i)^3 - n_t^i), \quad (8)$$

где x_{ij} – стандартизированный ранг i -го эксперта для j -го объекта;
 m_i – число групп связанных рангов в i -й ранжировке;
 n_t^i – число связанных рангов в t -й группе связанных рангов в ранжировке i -го эксперта, $t = 1, 2, \dots, m_i$.

Если совпадающих рангов в i -й ранжировке нет, то поправочный коэффициент $T_i = 0$.

Коэффициент конкордации принимает значения в диапазоне от 0 до 1. Изменение W от 0 до 1 соответствует увеличению степени согласованности мнений экспертов. При полной согласованности мнений экспертов $W = 1$.

Небольшое значение коэффициента конкордации является обычно следствием того, что в рассматриваемой группе экспертов:

- 1) отсутствует общность мнений;
- 2) существуют подгруппы с высокой согласованностью мнений, но обобщенные мнения таких подгрупп противоположны.

Для выявления подгрупп экспертов, внутри которых согласованность мнений высока, используют следующий подход. Одного эксперта исключают из группы и подсчитывают коэффициент конкордации W_1 для оставшихся. Если его значение оказалось больше, чем W для полной группы экспертов, то данного эксперта исключают из группы, и, наоборот, если его значение оказалось меньше, чем W , то данного эксперта оставляют в группе. Такие расчеты проводят последовательно для каждого эксперта, в результате чего степень согласованности мнений экспертов, оставшихся в группе, повышается.

Традиционно коэффициент конкордации менее 0,75 свидетельствует о недостаточной согласованности мнений экспертной группы, чтобы по результатам опроса экспертов можно было построить достоверный прогноз (сделать верный вывод, указать верное решение проблемы и т. п.).

Так как полученный в результате обработки ранжировок экспертов коэффициент конкордации по своей сути является случайной величиной, которая служит лишь оценкой истинного значения W , то кроме подсчета его значения определяют значимость этой оценки.

При числе объектов $n > 7$ оценку значимости коэффициента конкордации осуществляют, используя критерий χ^2 . Расчетное значение критерия

$$\chi^2_{расч} = \frac{S}{\frac{1}{12}mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m T_i}$$

сравнивают с табличным значением $\chi^2_{табл}$ (приложение Б) при числе степеней свободы $n - 1$ и уровне значимости α . Если $\chi^2_{расч} > \chi^2_{табл}$, то с вероятностью не меньшей чем $(1 - \alpha)$ или на $(1 - \alpha)100\%$ можно утверждать, что полученный коэффициент W значим, а согласованность мнений экспертов, степень которой оценивается значением W , является неслучайной. Если $\chi^2_{расч} \leq \chi^2_{табл}$, то полученный коэффициент W признают незначимым (на $(1 - \alpha) 100\%$ нельзя утверждать, что W значим), а согласованность мнений экспертов – случайной.

При малом n используют таблицы приложений В, Г. Рассмотрим порядок использования таблиц подробно.

По таблицам приложения В для данных m – число экспертов, n – количество объектов и расчетного значения S (см. формулу (7)) определяют p вероятность того, что величина S будет достигнута или превышена. Затем сравнивают полученное значение вероятности p с заданным уровнем значимости α : если $p < \alpha$, то с вероятностью не меньшей чем $(1 - \alpha)$ или на $(1 - \alpha)100\%$ можно утверждать, что полученный коэффициент W значим, а согласованность мнений экспертов, степень которой оценивается значением W , является неслучайной.

По таблице приложения Г для данных m – число экспертов, n – количество объектов и заданного уровня значимости, 5%-ного ($\alpha = 0,05$) или 1%-ного ($\alpha = 0,01$), определяют точку значимости $S_{табл}$. Затем сравнивают расчетное значение S (см. формулу (7)) с полученным значением $S_{табл}$: если $S > S_{табл}$, то с вероятностью не меньшей чем $(1 - \alpha)$ или на $(1 - \alpha)100\%$ можно утверждать, что полученный коэффициент W значим, а согласованность мнений экспертов, степень которой оценивается значением W , является неслучайной.

Пример 6. По данным примера 3 оцените степень согласованности мнений экспертов, используя коэффициент конкордации Кендалла. Проверьте значимость полученного коэффициента конкордации Кен-

далла при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Решение

Коэффициент конкордации Кендалла рассчитаем по формуле (6). По условию: $m = 5$, $n = 9$. Для удобства читателя в таблице 47 приведем необходимую здесь часть таблицы 14.

Таблица 47 – Результаты обработки

Номер эксперта (i)	Факторы (j)								
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
1	2	5	7	5	8	2	2	9	5
2	3,5	5,5	7	8	3,5	2	1	9	5,5
3	2,5	5	7	5	5	1	2,5	8	9
4	2,5	2,5	5	7,5	7,5	2,5	2,5	9	6
5	4,5	6,5	8	9	6,5	3	1	4,5	2
$S_j = \sum_{i=1}^5 x_{ij}$	15	24,5	34	34,5	30,5	10,5	9	39,5	27,5

Используя информацию, содержащуюся в таблице 47, и формулу (7), имеем:

$$\begin{aligned}
 S = \sum_{j=1}^9 \left(\sum_{i=1}^5 x_{ij} - \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot (9+1) \right)^2 &= \sum_{j=1}^9 \left(\sum_{i=1}^5 x_{ij} - 25 \right)^2 = (15-25)^2 + \\
 &+ (24,5-25)^2 + (34-25)^2 + (34,5-25)^2 + (30,5-25)^2 + (10,5-25)^2 + \\
 &+ (9-25)^2 + (39,5-25)^2 + (27,5-25)^2 = (-10)^2 + (-0,5)^2 + 9^2 + (9,5)^2 + \\
 &+ (5,5)^2 + (-14,5)^2 + (-16)^2 + (14,5)^2 + (2,5)^2 = 100 + 0,25 + 81 + 90,25 + \\
 &+ 30,25 + 210,25 + 256 + 210,25 + 6,25 = 984,5.
 \end{aligned}$$

По формуле (8) рассчитаем поправочные коэффициенты T_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) для каждого из $n = 5$ экспертов. При вычислении T_1 (для первого эксперта – первая строка таблицы 47) имеем 3 фактора с рангом 2; 3 – с рангом 5, т. е. в первой ранжировке $m_1 = 2$, $n_1^1 = 3$, $n_2^1 = 3$. По формуле (8):

$$T_1 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^2 (n_t^1)^3 - n_t^1 = \frac{1}{12} ((3^3 - 3) + (3^3 - 3)) = \frac{1}{12} (24 + 24) = 4.$$

При вычислении T_2 (для второго эксперта – вторая строка табли-

цы 47) имеем 2 фактора с рангом 3,5; 2 – с рангом 5,5; т. е. во второй ранжировке $m_2 = 2$, $n_1^2 = 2$, $n_2^2 = 2$. По формуле (8):

$$T_2 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^2 ((n_i^2)^3 - n_i^2) = \frac{1}{12} ((2^3 - 2) + (2^3 - 2)) = \frac{1}{12} (6 + 6) = 1.$$

Аналогичные вычисления выполним и для 3, 4 и 5 экспертов:

$$T_3 = \frac{1}{12} ((2^3 - 2) + (3^3 - 3)) = 2,5; \quad T_4 = \frac{1}{12} ((4^3 - 4) + (2^3 - 2)) = 5,5;$$

$$T_5 = \frac{1}{12} ((2^3 - 2) + (2^3 - 2)) = 1.$$

Следовательно, $\sum_{i=1}^5 T_i = 4 + 1 + 2,5 + 5,5 + 1 = 14$.

Используя формулу (6), определим коэффициент конкордации Кендалла:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{984,5}{\frac{1}{12} \cdot 5^2 (9^3 - 9) - 5 \cdot 14} = \frac{984,5}{1500 - 70} =$$

$$= \frac{984,5}{1430} \approx 0,69.$$

Вывод: значение $W = 0,69$ свидетельствует о наличии согласованности мнений экспертов, но $W = 0,69 < 0,75$, что свидетельствует о недостаточной согласованности мнений экспертной группы, чтобы по результатам опроса экспертов можно было сделать верный вывод.

Значимость полученного коэффициента конкордации Кендалла проверим, используя критерий χ^2 :

$$\chi^2_{расч} = \frac{S}{\frac{1}{12} mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m T_i} =$$

$$= \frac{984,5}{\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 9(9+1) - \frac{1}{9-1} \cdot 14} = \frac{984,5}{225 - 1,75} = \frac{984,5}{223,25} \approx 4,4.$$

$\chi^2_{табл}$ при числе степеней свободы $n - 1 = 9 - 1 = 8$ и уровне значи-

мости $\alpha = 0,05$ равно 15,5 (приложение Б).

Имеем:

$$\chi^2_{расч} = 4,4 < \chi^2_{табл} = 15,5.$$

Следовательно, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ полученный коэффициент W незначим (на 95% нельзя утверждать, что W значим), а согласованность мнений экспертов, степень которой оценивается значением $W = 0,69$, является случайной.

Пример 7. Четырем экспертам было предложено проранжировать пять показателей по увеличению влияния на качество продукции A . Результаты опроса представлены в таблице 48.

Таблица 48 – Результаты ранжировки четырьмя экспертами пяти показателей

Номер эксперта (i)	Показатели (j)				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	1	2	4	1	5
2	0	1	2	4	5
3	1	1	2	1	4
4	3	2	1	1	4

Оцените согласованность мнений экспертов, используя коэффициент конкордации Кендалла. Проверьте значимость полученного коэффициента конкордации Кендалла при уровне значимости:

- 1) $\alpha = 0,05$;
- 2) $\alpha = 0,01$.

Решение

По условию: $m = 4$, $n = 5$.

Проведем переранжировку показателей и каждому показателю припишем стандартизированные ранги. Результаты переранжировки показателей приведены в таблице 49.

Таблица 49 – Результаты переранжировки

Номер эксперта (i)	Номер показателя (j)				
	1	2	3	4	5
1	1,5	3	4	1,5	5
2	1	2	3	4	5

3	2	2	4	2	5
4	4	3	1,5	1,5	5
$S_j = \sum_{i=1}^5 x_{ij}$	8,5	10	12,5	9	20

Отсюда:

$$S = \sum_{j=1}^5 \left(\sum_{i=1}^4 x_{ij} - \frac{1}{2} \cdot 4(5+1) \right)^2 = \sum_{j=1}^5 \left(\sum_{i=1}^4 x_{ij} - 12 \right)^2 = (8,5-12)^2 + (10-12)^2 +$$

$$+ (12,5-12)^2 + (9-12)^2 + (20-12)^2 = (-3,5)^2 + (-2)^2 + (0,5)^2 + (-3)^2 +$$

$$+ 8^2 = 12,25 + 4 + 0,25 + 9 + 64 = 89,5;$$

$$T_1 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = \frac{1}{12} \cdot 6 = 0,5; \quad T_2 = 0;$$

$$T_3 = \frac{1}{12}(3^3 - 3) = \frac{1}{12} \cdot 24 = 2;$$

$$T_4 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = \frac{1}{12} \cdot 6 = 0,5; \quad \sum_{i=1}^4 T_i = 0,5 + 0 + 2 + 0,5 = 3;$$

$$W = \frac{89,5}{\frac{1}{12} \cdot 4^2 (5^3 - 5) - 4 \cdot 3} = \frac{89,5}{160 - 12} = \frac{89,5}{148} \approx 0,6.$$

Вывод: значение $W = 0,6$ свидетельствует о наличии согласованности мнений экспертов, но $W = 0,6 < 0,75$, что свидетельствует о недостаточной согласованности мнений экспертной группы, чтобы по результатам опроса экспертов можно было сделать верный вывод.

Значимость полученного коэффициента конкордации Кендалла проверим (ввиду $n = 5 < 7$), используя таблицу приложения Г:

• При $m = 4$, $n = 5$, $\alpha = 0,05$ точка значимости $S_{табл}$ принимает значение 88,4. Имеем:

$$S = 89,5 > S_{табл} = 88,4.$$

Следовательно, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ полученный коэффициент W значим (на 95% можно утверждать, что W значим), а со-

гласованность мнений экспертов, степень которой оценивается значением $W = 0,6$, является неслучайной;

• При $m = 4$, $n = 5$, $\alpha = 0,01$ точка значимости $S_{табл}$ принимает значение 109,3. Имеем:

$$S = 89,5 < S_{табл} = 109,3.$$

Следовательно, при уровне значимости $\alpha = 0,01$ полученный коэффициент W незначим (на 99% нельзя утверждать, что W значим), а согласованность мнений экспертов, степень которой оценивается значением $W = 0,6$, является случайной.

Задача 21. По данным задачи 9 оцените степень согласованности мнений экспертов, используя коэффициент конкордации Кендалла. Проверьте значимость полученного коэффициента конкордации Кендалла при уровне значимости $\alpha = 0,01$.

Задача 22. Пять экспертов упорядочили по предпочтительности десять фирм-конкурентов по производству средств мобильной связи. Результаты рангового оценивания представлены в таблице 50.

Таблица 50 – Результаты ранжирования пятью экспертами десяти фирм-конкурентов

Номер эксперта	Номер фирмы-конкурента									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	4	4	7	9	7	4	2	1	2
2	2	3	4	4	5	1	7	9	8	6
3	1	3	6	9	9	7	3	3	2	1
4	5	4	4	7	8	6	3	7	1	2
5	2	3	5	8	7	4	1	6	2	3

Осуществите переход к стандартизированному представлению информации, полученной от экспертов. На основе результирующих рангов сделайте вывод об упорядочении по предпочтительности десяти фирм-конкурентов по мнению группы экспертов. Определите степень согласованности мнений экспертов, используя коэффициент конкордации Кендалла. Проверьте значимость полученного коэффициента конкордации Кендалла при уровне значимости $\alpha = 0,025$.

Задача 23. Для принятия решения об отборе проектов для финансирования была создана экспертная группа из пяти экспертов. В ходе экспертизы по совокупности характеристик семь проектов были упо-

рядочены по возрастанию важности проекта. Результаты индивидуального ранжирования представлены в таблице 51.

Таблица 51 – Результаты ранжирования пятью экспертами семи проектов

Номер эксперта	Номер проекта						
	1	2	3	4	5	6	7
1	5	3	3	6	1	2	4
2	5	2	4	4	2	1	3
3	7	1	5	3	4	2	6

Окончание таблицы 51

Номер эксперта	Номер проекта						
	1	2	3	4	5	6	7
4	5	2	3	4	4	2	3
5	6	2	4	7	5	1	3

Оцените согласованность мнений экспертов, используя коэффициент конкордации Кендалла.

Задача 24. Пяти экспертам было предложено проранжировать семь факторов по уменьшению влияния на химический процесс. Результаты опроса представлены в таблице 52.

Таблица 52 – Результаты ранжирования пятью экспертами семи факторов

Номер эксперта	Номер фактора						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	6	4	7	3	5
2	1	2	7	6	3	5	4
3	7	1	6	4	2	5	3
4	3	1	5	6	4	7	2
5	1	2	6	4	5	7	3

Определите степень согласованности мнений экспертов в отношении каждого из факторов; степень согласованности мнений экспертов по всем факторам, используя коэффициент конкордации Кендалла; значимость полученного коэффициента конкордации при уровне значимости 0,01.

Сделайте выводы.

Метод расчета коэффициента конкордации, показанный выше, применяется к ранжировкам, полученным от экспертов. Вместе с тем, необходимость в определении степени согласованности экспертов может возникнуть и при использовании метода парных сравнений.

3. *Коэффициент согласия при парном сравнении* (v) – измеритель степени согласованности мнений экспертов по всем объектам при использовании метода парных сравнений. Коэффициент согласия при парном сравнении рассчитывается следующим образом:

$$v = \frac{4Q}{m(m-1)n(n-1)}; \quad (9)$$

$$Q = \sum_{ij} x_{ij}^2 - m \sum_{ij} x_{ij} + C_m^2 C_n^2, \quad (10)$$

где x_{ij} – элемент матрицы X предпочтений m экспертов – число, показывающее, сколько раз объект i был предпочтительнее объекта j по мнению m экспертов; суммирование ведется по элементам матрицы X предпочтений, расположенным только по одну из сторон главной диагонали матрицы.

Наименьшее значение коэффициента согласия при парном сравнении, если m – нечетное число, равно $v = \frac{m-2}{2(m-1)}$.

При $m = 2$ коэффициент v меняется в пределах от 0 до 1.

Результаты сравнения значений коэффициентов согласия при парном сравнении для различных групп экспертов используют при ранжировании групп экспертов по степени согласованности мнений в группе.

Пример 8. Пусть $m = 10$ экспертов произвели сравнение $n = 5$ объектов методом полного парного сравнения по признаку A . Матрица предпочтений X десяти экспертов представлена в таблице 53.

Таблица 53 – Матрица предпочтений X десяти экспертов

Номер объекта	1	2	3	4	5
1	–	10	7	6	1
2	0	–	3	5	2

3	3	7	–	8	3
4	4	5	2	–	2
5	9	8	7	8	–

Определите значение коэффициента согласия при парном сравнении для данной группы экспертов.

Решение

Коэффициент согласия при парном сравнении рассчитаем по формуле (9). Для нахождения значения Q :

1. Подсчитаем значения сумм предпочтений по строкам и столбцам матрицы X . Расчет сумм предпочтений приведен в таблице 54.

Таблица 54 – Суммирование предпочтений

Номер объекта	1	2	3	4	5	Сумма
1	–	10	7	6	1	24
2	0	–	3	5	2	10
3	3	7	–	8	3	21
4	4	5	2	–	2	13
5	9	8	7	8	–	32
Сумма	16	30	19	27	8	100

2. Чтобы ускорить процесс вычисления значения Q , преобразуем матрицу X так, чтобы объекты были расположены в порядке убывания сумм по строке (или возрастания сумм по столбцу). Расчеты приведены в таблице 55.

Таблица 55 – Преобразование матрицы X

Номер объекта	5	1	3	4	2	Сумма
5	–	9	7	8	8	32
1	1	–	7	6	10	24
3	3	3	–	8	7	21
4	2	4	2	–	5	13
2	2	0	3	5	–	10
Сумма	8	16	19	27	30	100

3. Так как числа, лежащие ниже главной диагонали матрицы, мень-

ше, то будем производить суммирование по нижней половине матрицы:

$$\sum_{ij} x_{ij} = 1 + (3 + 3) + (2 + 4 + 2) + (2 + 0 + 3 + 5) = 25;$$

$$\sum_{ij} x_{ij}^2 = 1^2 + (3^2 + 3^2) + (2^2 + 4^2 + 2^2) + (2^2 + 0^2 + 3^2 + 5^2) = 81.$$

Рассчитаем Q по формуле (10):

$$Q = 81 - 10 \cdot 25 + C_{10}^2 \cdot C_5^2 = \left[C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!} \right] = 81 - 250 + \frac{10!}{2!(10-2)!} \times \\ \times \frac{5!}{2!(5-2)!} = 81 - 250 + 45 \cdot 10 = 81 - 250 + 450 = 281.$$

Тогда коэффициент согласия при парном сравнении для данной группы экспертов равен:

$$v = \frac{4Q}{m(m-1)n(n-1)} = \frac{4 \cdot 281}{10(10-1) \cdot 5(5-1)} = \frac{1124}{1800} \approx 0,624.$$

Задача 25. По данным примера 4 определите степень согласованности мнений экспертов по всем объектам, используя коэффициент согласия при парном сравнении.

Задача 26. По данным задачи 13 определите степень согласованности мнений экспертов по всем объектам, используя коэффициент согласия при парном сравнении.

В заключение следует отметить, что знание степени согласованности экспертной информации позволяет судить о качестве проведенной экспертизы, делает допустимой или недопустимой возможность обоснования и выработки обобщенного группового экспертного мнения, является основанием к дополнительным организационным преобразованиям в рамках проводимой экспертизы.

2. Метод Дельфи. Одним из наиболее перспективных методов формирования групповой оценки экспертов является метод Дельфи, получивший название от греческого города Дельфи и мудрецов, славившихся в древности предсказаниями будущего. Метод Дельфи первоначально был предложен О. Хелмером и его коллегами как итера-

тивная процедура при проведении мозговой атаки. Метод представляет собой ряд последовательно осуществляемых процедур, направленных на формирование группового мнения по проблемам, по которым ощущается недостаток информации. Основным средством повышения объективности результатов при применении метода Дельфи является использование обратной связи (ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учет этих результатов при оценке значимости мнений экспертов).

К основным положениям использования метода Дельфи относят:

- осуществление научно обоснованного отбора экспертов, состав которых должен быть относительно стабильным и рациональным по численности;

- составление четко сформулированных и однозначно воспринимаемых анкет, обеспечивающих принятие экспертных оценок преимущественно в количественной форме;

- обеспечение сбора мнений экспертов, проводимого в несколько туров (количество туров должно быть достаточным как для уточнения вопросов, так и для получения объективных ответов после ознакомления с результатами опроса каждого тура), при этом члены экспертной группы не известны друг другу, их взаимодействие при заполнении анкет полностью исключается;

- обоснование экспертами после каждого тура своих суждений при расхождении их с мнением большинства;

- проведение после каждого тура статистической обработки, анализа и обобщения результатов суждений экспертов.

Для оценки согласованности мнений экспертов по всем оцениваемым объектам используют коэффициент конкордации.

Для анализа рассогласования мнений экспертов применяют и следующий подход. Пусть исходный материал оценки рассогласованности – ранжировки, m – число экспертов, n – количество объектов. Ранжировки, полученные от экспертов, представляют в виде соответствующих матриц парных сравнений. Расстояние Кемени $d_{12} =$

$$= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |a_{ij}^1 - a_{ij}^2|, \text{ где } a_{ij}^1 - \text{элемент матрицы парных сравнений,}$$

представленной первым экспертом, a_{ij}^2 – элемент матрицы парных сравнений, представленной вторым экспертом, характеризует степень рассогласования между ранжировками первого и второго экспертов. Составляют симметричную положительную матрицу с нулевыми диа-

гональными элементами $D = (d_{ij})_{i,j=1}^m$, в которой представляют все расстояния для группы экспертов. Сумма элементов i -й строки матрицы D характеризует степень рассогласования i -го эксперта с остальными. Сравнение сумм элементов матрицы D позволяет оценить сходимость мнений экспертов от тура к туру. Таксонометрический анализ матрицы D позволяет выделить согласованные группы среди экспертов.

Пример 9. Рассмотрим использование дельфийской процедуры для ранжирования личностных качеств, существенно определяющих результирующий уровень подготовки офицеров-связистов при выпуске из военного вуза. Состав личностных качеств содержит следующие характеристики:

- 1) моральные качества (принципиальность, честность, добросовестность, коллективизм, общекультурный уровень);
- 2) воинские качества (способность переносить сложности быта, исполнительность, дисциплинированность, решительность);
- 3) командирские качества (волю и организаторские способности, самостоятельность в принятии решений, требовательность);
- 4) уровень знаний как общенаучных, так и специальных;
- 5) профессиональную направленность (устойчивость мотивов и стремлений к службе, отношение к изучению специальных дисциплин);
- 6) психологические качества (особенности памяти, внимания, мышления, психомоторики, эмоциональную устойчивость);
- 7) состояние здоровья (склонность к болезням, физические данные);
- 8) физическую подготовленность (выполнение нормативов физической подготовки).

При отборе экспертов учитывали уровень профессионализма в соответствующей предметной области, опыт, уровень эрудиции. Компетентность определяли способом самооценки эксперта. Величину оценки компетентности привели к десятибалльной шкале. Отобрали 15 экспертов по минимальному уровню компетентности 6 баллов. Средняя осведомленность экспертов составила 8 баллов.

В первом туре каждому из членов экспертной группы было предложено проранжировать указанные факторы по степени значимости. Результаты приведены в таблице 56.

Во втором туре в анкетах проставлялись максимальный и минимальный ранги, средний ранг среди всех опрошенных экспертов. Состав экспертной группы остался неизменным. Каждого эксперта во

втором туре опроса просили объяснить причины выбора того или иного ранга для факторов (таблица 57).

Таблица 56 – Результаты первого тура опроса

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	7	4	4	5	4	5	2	1	4
2	7	1	2	1	3	2	3	4	4

Окончание таблицы 56

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
3	8	1	3	2	4	5	6	8	7
4	7	1	6	2	3	4	5	6	6
5	10	1	4	4	3	2	3	5	5
6	8	5	3	6	1	2	4	7	3
7	8	4	5	1	3	2	7	6	8
8	10	2	1	1	1	2	4	3	3
9	10	4	3	1	1	2	4	5	5
10	7	1	3	3	2	2	6	5	7
11	6	1	3	2	5	3	6	4	4
12	8	2	3	3	2	1	2	5	4
13	8	3	3	2	1	1	4	5	5
14	6	1	2	3	2	1	4	5	6
15	10	4	3	1	5	2	8	6	7
Средний ранг	8	2,3	3,2	2,5	2,7	2,4	4,5	5,0	5,5
Минимальный ранг	6	1	1	1	1	1	2	1	3
Максимальный ранг	10	5	6	6	5	5	8	8	8

Таблица 57 – Результаты второго тура опроса

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	7	1	3	3	4	3	6	5	8
2	7	1	3	4	6	2	5	8	7

3	8	1	2	3	4	6	5	8	7
4	7	1	6	3	2	2	7	4	5
5	10	1	4	4	3	2	5	7	6
6	8	1	5	4	3	2	6	7	8
7	8	1	4	2	5	7	8	3	6
8	10	2	3	1	1	1	4	2	2
9	10	4	3	2	3	1	4	4	5
10	7	1	4	3	2	2	5	6	7

Окончание таблицы 57

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
11	6	1	3	2	5	4	6	7	7
12	8	2	4	3	4	2	5	6	7
13	8	3	3	2	1	1	4	5	6
14	6	1	4	5	3	2	6	7	8
15	10	4	4	2	6	3	5	7	8
Средний ранг	8	2,3	3,7	2,9	3,5	2,7	5,4	5,7	6,5
Минимальный ранг	6	1	2	1	1	1	4	2	2
Максимальный ранг	10	5	6	5	6	7	8	8	8

В третьем туре опроса экспертам сообщили краткий перечень объяснений выбора факторов и попросили вновь провести ранжирование. Результаты представлены в таблице 58.

Оценивая степень рассогласования мнений экспертов с помощью расстояния Кемени, получили уменьшение величины рассогласования от тура к туру, соответственно, 32, 20 и 12 и стабилизацию после третьего тура опроса.

Таблица 58 – Результаты третьего тура опроса

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	7	3	4	3	3	3	4	5	4
2	7	1	6	3	5	2	4	8	7
3	8	1	2	3	4	5	6	8	7

4	7	1	5	4	3	2	8	6	7
5	10	1	4	3	5	2	7	6	8
6	8	1	5	4	3	2	6	7	8
7	8	1	4	7	5	6	8	3	7
8	10	5	6	1	2	3	7	4	4
9	10	3	3	2	2	1	4	5	6
10	7	1	4	3	3	2	5	6	7
11	6	1	4	2	5	3	6	7	7
12	8	2	2	1	4	3	4	5	6

Окончание таблицы 58

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
13	8	3	4	4	2	1	5	6	7
14	6	1	6	5	3	2	4	7	8
15	10	1	5	3	4	2	6	7	8
Средний ранг	8	1,7	4,3	2,9	3,5	2,6	5,6	6,0	6,7
Минимальный ранг	6	1	2	1	2	1	4	3	4
Максимальный ранг	10	5	6	5	5	6	8	8	8

После третьего тура величина рассогласования уменьшилась более чем в 2 раза.

Большинство экспертов поставили на первое место моральные качества офицера-связиста, затем профессиональную направленность и командирские качества. Чаще всего в качестве причины выбора указывалось то, что офицер связи в первую очередь должен быть патриотом своей страны и мотивирован к службе. Не явились неожиданными низкие ранги у факторов 7 и 8, поскольку состояние здоровья и физическая подготовленность для офицеров-связистов не столь важны. Следует отметить, что фактор уровня знаний будущего офицера-связиста имеет четвертый ранг, что свидетельствует о важности теоретической и практической подготовки курсантов в военном вузе.

Задача 27. Прогнозная оценка значения показателя *A* была получена методом Дельфи. Опрос проводился в два тура. Результаты представлены в таблице 59.

Таблица 59 – Результаты первого и второго туров экспертного опроса

по прогнозированию значения показателя A

Результаты первого тура экспертного опроса		Результаты второго тура экспертного опроса	
Значения показателя A	Число ответивших экспертов	Значения показателя A	Число ответивших экспертов
1	2	1	1
2	4	2	2
3	3	3	4
4	1	4	3

Проведите статистическую обработку результатов, полученных в первом и втором турах экспертного опроса, рассчитав обобщенные статистические характеристики – средние, характеристики положения и меры разброса. Сделайте выводы.

Задача 28. Прогнозная оценка затрат на создание новой продукции была получена методом Дельфи. Опрос проводился в два тура. Результаты представлены в таблице 60.

Таблица 60 – Результаты первого и второго туров экспертного опроса по прогнозированию затрат на создание новой продукции

Результаты первого тура экспертного опроса		Результаты второго тура экспертного опроса	
Затраты, тыс. р.	Число ответивших экспертов	Затраты, тыс. р.	Число ответивших экспертов
100	2	100	1
120	12	120	10
130	18	130	20
140	22	140	26
150	6	150	4
160	3	160	1

Проведите статистическую обработку результатов, полученных в первом и втором турах экспертного опроса, рассчитав обобщенные статистические характеристики – средние, характеристики положения и меры разброса. Сделайте выводы.

Задача 29. Оценка влияния восьми факторов на исследуемый объект была получена методом Дельфи. Опрос проводился в два тура. Результаты представлены в таблицах 61 и 62.

Таблица 61 – Результаты первого тура экспертного опроса

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	7	4	4	5	4	5	2	1	4
2	7	1	2	1	3	2	3	4	4
3	8	1	3	2	4	5	6	8	7
4	7	1	6	2	3	4	5	6	6
5	10	1	4	4	3	2	3	5	5

Таблица 62 – Результаты второго тура экспертного опроса

Номер эксперта	Компетентность, баллов	Номер фактора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	7	1	3	3	4	3	6	5	8
2	7	1	3	4	6	2	5	8	7
3	8	1	2	3	4	6	5	8	7
4	7	1	6	3	2	2	7	4	5
5	10	1	4	4	3	2	5	7	6

Проведите статистическую обработку результатов, полученных в первом и втором турах экспертного опроса, рассчитав обобщенные статистические характеристики – средние, характеристики положения и меры разброса. Укажите, какова согласованность мнений экспертов. Уточните, необходимо ли проведение следующего тура опроса.

Задача 30. По данным задачи 29 проведите статистическую обработку результатов с использованием таксонометрического анализа на основе расстояния Кемени.

3. Метод морфологического анализа. Метод морфологического анализа позволяет детально изучить структуру исследуемого объекта, специфику взаимодействия его составных частей.

Сущность метода заключается в разбивке проблемы на исходные элементы с последующим перебором составных частей в различных сочетаниях друг с другом.

Результаты морфологического анализа обычно представляют в табличной или графической форме. При этом число возможных решений зависит от размерности матрицы. Следует, однако, иметь в виду, что не все варианты, представленные в таблице, могут быть реал-

лизованы на практике.

Заключительный этап при использовании этого метода – сравнительный анализ сопоставляемых решений и выбор наиболее предпочтительного из их числа. Значимость каждого варианта или отдельных его структурных элементов может устанавливаться с помощью экспертных оценок.

Пример 10. Рассмотрим порядок расчетов на примере прогноза конструкции печи, предназначенной для использования в пекарнях малой мощности. В таблице 63 представлено морфологическое описание хлебопекарной печи.

Таблица 63 – **Морфологическое описание хлебопекарной печи**

Конструктивные элементы	Характеристика конструктивных элементов		
Под печи	Ленточный	Люлечный	–
Способ обогрева пекарной камеры	Токами высокой частоты	Лучами	Традиционными видами топлива
Характер загрузки и выгрузки печи	Тупиковые	Сквозные	–
Характер соединения хлебопекарной печи с расстойным оборудованием	Сочлененное с расстойным шкафом	Не сочлененное с расстойным шкафом	–
Наличие автоматического управления печью	Имеется	Отсутствует	–

Как видно из таблицы 63, все печи различаются по конструкции пода, способу обогрева пекарной камеры, организации загрузки тестовых заготовок и выгрузки хлеба, наличию автоматических устройств для поддержания температуры, влажности, продолжительности выпечки и т. п.

Целесообразность использования указанных конструктивных элементов в проектируемой печи определена экспертным путем в баллах от 1 до 10. Экспертные оценки представлены в таблице 64.

Таблица 64 – **Экспертные оценки**

Показатели	Под печи	Способ обогрева пекарной камеры	Характер загрузки и выгрузки печи	Характер соединения хлебопекарной печи с расстойным оборудованием	Наличие автоматического управления печью

		ленточный	люлечный	токами высокой частоты	инфракрасными лучами	традиционным топливом	тупиковые	сквозные	сочлененные с расстойным шкафом	не сочлененные с расстойным шкафом	имеется	отсутствует
Под печи	Ленточный	3	–	4	3	6	–					
	Люлечный	–	2	3	3	3						
Способ обогрева пекарной камеры	Токами высокой частоты						4	7				
	Инфракрасными лучами						4	5				

Окончание таблицы 64

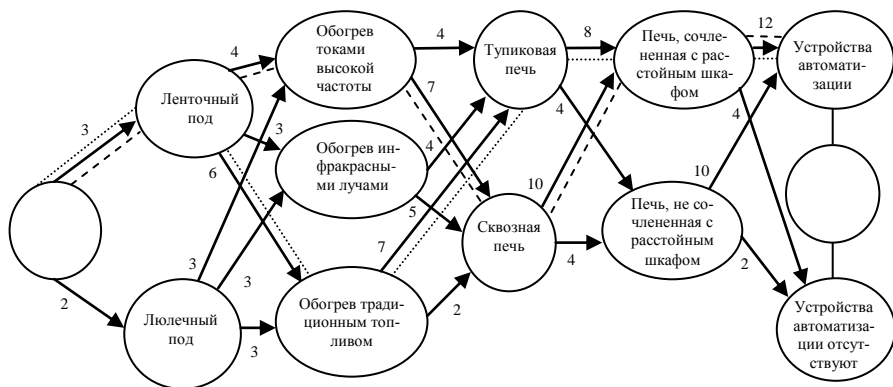
Показатели		Под печи		Способ обогрева пекарной камеры			Характер загрузки и выгрузки печи		Характер соединения хлебопекарной печи с расстойным оборудованием		Наличие автоматического управления печью	
		ленточный	люлечный	токами высокой частоты	инфракрасными лучами	традиционным топливом	тупиковые	сквозные	сочлененные с расстойным шкафом	не сочлененные с расстойным шкафом	имеется	отсутствует
	Традиционным топливом						7	2				
Характер загрузки и выгрузки печи	Тупиковые								8	4		
	Сквозные								10	4		
Характер соединения хлебопекарной печи с расстойным оборудованием	Сочлененные с расстойным шкафом										12	4
	Не сочлененные с расстойным шкафом										10	2

Так, применение токов высокой частоты для обогрева тупиковой печи менее экономично (4 балла) по сравнению с конструкцией сквозного типа (7 баллов). Аналогичная информация имеется по остальным элементам печи.

Для определения наиболее эффективной конструкции исходные

данные представляют в графической форме в виде сетевой модели (рисунок 1). Кругами на графике изображены элементы печного агрегата, стрелками – сочетание смежных устройств и эффективность (в баллах) их совместной установки.

С помощью графической модели выбирают наиболее рациональную схему печи. Для этого суммируют все балльные оценки, соответствующие стрелкам, соединяющим исходный и завершающий круги. Самые длинные (имеющие наибольший суммарный балл) из последовательностей кругов будут определять наиболее эффективные наборы модулей, из которых должна состоять хлебопекарная печь.



Условные обозначения:

--- – первый эффективный вариант конструкции;

..... – второй эффективный вариант конструкции

Рисунок 1 – Графическая модель объекта прогнозирования

Применительно к условию решаемой задачи формально возможны два наиболее эффективных варианта конструкции.

В первом из них необходимо предусмотреть ленточный под (3 балла), высокочастотный обогрев камеры (4 балла), сквозную конструкцию печи (7 баллов), печь, сочлененную с расстойным шкафом (10 баллов), наличие автоматического регулирования работы агрегата (12 баллов).

Во втором варианте предполагается установка ленточного пода (3 балла), использование традиционного топлива (6 баллов), тупиковой конструкции пекарной камеры (7 баллов), печи, сочлененной с расстойным шкафом (8 баллов), наличие автоматических устройств для сокращения затрат труда на обслуживание оборудования (12 баллов).

Как в первой, так и во второй схемах суммарная эффективность оказалась максимальной (36 баллов). Следует, однако, отметить, что второй вариант не может быть реализован по техническим причинам, поскольку ленточный под не совместим с тупиковой конструкцией печи. Таким образом, в процессе конструирования печи целесообразно ориентироваться на первую схему компоновки агрегата.

При необходимости можно дать количественную оценку эффективности всех остальных вариантов конструкции печи. Для этого достаточно использовать информацию, представленную в таблице 64. Если, например, необходимо определить степень рациональности агрегата, состоящего из люечного пода (2 балла), инфракрасного облучателя (3 балла), сквозной пекарной камеры (5 баллов), сочлененной с расстойным агрегатом (10 баллов), и оснащенного системой автоматизации (12 баллов), то следует сложить балльные оценки, представленные в таблице 64. В результате получим оценки: $2 + 3 + 5 + 10 + 12 = 32$ (балла).

Задача 31. Решите методом морфологического анализа задачу конструкторского и (или) дизайнерского характера по созданию продукции (услуги) с точки зрения наибольшей привлекательности среди потребителей (должно быть не меньше четырех признаков).

4. Построение «дерева целей» и «дерева решений». «Дерево целей» – многоступенчатый план достижения поставленной задачи. В процессе построения «дерева целей» осуществляют последовательную декомпозицию (логическое расчленение) главной цели на подцели различных уровней по следующим правилам:

1) главная цель, которая находится в вершине «дерева», должна содержать описание конечного результата;

2) сопоставимость целей каждого уровня по масштабу и значению;

3) измеримость (формулировка цели должна обеспечить возможности количественной или порядковой оценки степени ее достижения);

4) каждая цель верхнего уровня должна быть представлена в виде подцелей следующего уровня таким образом, чтобы объединение понятий подцелей полностью определяло понятие исходной цели;

5) непрерывность, полнота, последовательность разложения цели;

6) полный охват подцелями каждой цели вышестоящего уровня и исключение элементов дублирования в целях на каждом уровне.

«Дерево целей» заканчивается задачами, т. е. целями, достижение

которых не требует достижения каких-либо других целей.

Из каждой вершины должно исходить не менее двух ветвей, кроме того, не обязательно, чтобы из каждой вершины «дерева» исходило одинаковое число ветвей. Каждая цель осуществляется с помощью успехов, достигнутых на всех исходящих ветвях, и эта цель, в свою очередь, находит обоснование как подцель, взятая из последовательности ветвей, связывающих ее с вершиной «дерева».

Ниже представлен пример построения «дерева целей» (рисунок 2).

Задача 32. Постройте «дерево целей» по повышению успеваемости в вашей академической группе. Количество уровней «дерева» должно быть не менее трех.



Рисунок 2 – «Дерево целей» «Обеспечение организации кадрами»

Задача 33. Постройте «дерево целей» по устойчивой работе организации в условиях рыночной экономики. Количество уровней «дерева» должно быть не менее трех.

«Дерево решений» – это графическое изображение процесса принятия решений, в котором отражены альтернативные решения, альтернативные состояния среды, соответствующие вероятности и выигрыши для любых комбинаций альтернатив и состояний среды.

Строят «деревья» слева направо. Места, где принимаются решения, обозначают квадратами, места появления исходов – кругами, возможные решения – пунктирными линиями, возможные исходы – сплошными линиями.

Для каждой альтернативы считается ожидаемая стоимостная оценка (EMV) – максимальная из сумм оценок выигрышей, умноженная на вероятность реализации выигрышей, для всех возможных вариантов.

Пример 11. Организация имеет 2 направления использования новой линии по производству лучевых трубок. Производство лучевых трубок в течение жизненного цикла прогнозируется в объеме 100 тыс. шт. При использовании линии по первому варианту с вероятностью 0,9 предполагается производство 59 тыс. шт. исправных лучевых трубок из 100 тыс. шт., с вероятностью 0,1 – производство 64 тыс. шт. исправных лучевых трубок. Этот вариант требует затрат на 1 млн денеж. ед.

При использовании линии по второму варианту с вероятностью 0,8 предполагается производство 64 тыс. шт. исправных лучевых трубок, с вероятностью 0,2 – производство 59 тыс. шт. исправных лучевых трубок. Второй вариант требует затрат на 1,350 млн денеж. ед.

Себестоимость лучевой трубки – 75 денеж. ед.

Цена исправной лучевой трубки – 150 денеж. ед. Неисправные лучевые трубки не приносят дохода.

Постройте «дерево решений». Определите оптимальный вариант использования новой линии.

Решение

«Дерево решений» двух направлений использования линии представлено на рисунке 3.

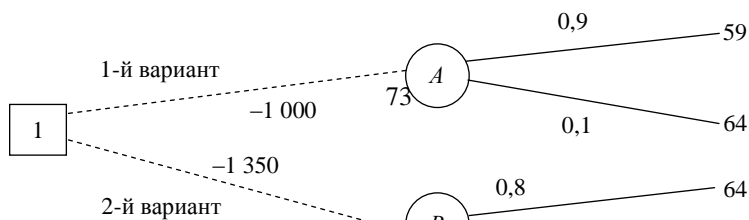


Рисунок 3 – «Дерево решений» двух направлений использования линии

Найдем прибыль при использовании линии по первому варианту (вероятность 0,9):

- выручка: $59 \cdot 150 = 8\,850$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на производство 100 тыс. шт.: $75 \cdot 100 = 7\,500$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на проект – 1 000 тыс. денеж. ед.

Прибыль составит:

$$8\,850 - 7\,500 - 1\,000 = 350 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

Рассчитаем прибыль при использовании линии по первому варианту (вероятность 0,1):

- выручка: $64 \cdot 150 = 9\,600$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на производство 100 тыс. шт.: $75 \cdot 100 = 7\,500$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на проект – 1 000 тыс. денеж. ед.

Прибыль составит:

$$9\,600 - 7\,500 - 1\,000 = 1\,100 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

Найдем прибыль при использовании линии по второму варианту (вероятность 0,8):

- выручка: $64 \cdot 150 = 9\,600$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на производство 100 тыс. шт.: $75 \cdot 100 = 7\,500$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на проект – 1 350 тыс. денеж. ед.

Прибыль составит:

$$9\,600 - 7\,500 - 1\,350 = 750 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

Рассчитаем прибыль по второму варианту (вероятность 0,2):

- выручка: $59 \cdot 150 = 8\,850$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на производство 100 тыс. шт.: $75 \cdot 100 = 7\,500$ тыс. денеж. ед.;
- затраты на проект – 1 350 тыс. денеж. ед.

Прибыль составит:

$$8\,850 - 7\,500 - 1\,350 = 0 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

$$EMV(A) = 0,9 \cdot 350 + 0,1 \cdot 1\,100 = 425 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

$$EMV(B) = 0,8 \cdot 750 + 0,2 \cdot 0 = 600 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

$$EMV(1) = \max\{EMV(A), EMV(B)\} = \max\{425; 600\} = 600 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

Оптимальным является использование линии по второму варианту.

Пример 12. Компания рассматривает вопрос о строительстве завода по трем вариантам действий:

1. Построить завод X стоимостью $M_1 = 700$ тыс. долл. США. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере $R_1 = 280$ тыс. долл. США в течение следующих 5 лет) с вероятностью $p_1 = 0,8$ и низкий спрос (ежегодные убытки $R_2 = 80$ тыс. долл. США) с вероятностью $p_2 = 0,2$.

2. Построить завод Y стоимостью $M_2 = 300$ тыс. долл. США. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере $T_1 = 180$ тыс. долл. США в течение следующих 5 лет) с вероятностью $p_1 = 0,8$ и низкий спрос (ежегодные убытки $T_2 = 55$ тыс. долл. США) с вероятностью $p_2 = 0,2$.

3. Отложить строительство завода на один год для сбора дополнительной информации, которая может быть позитивной или негативной с вероятностью $p_3 = 0,7$ и $p_4 = 0,3$ соответственно. В случае позитивной информации можно построить завод по указанным выше расценкам, а вероятности большого и низкого спросов меняются на $p_5 = 0,9$ и $p_6 = 0,1$ соответственно. Доходы на последующие четыре года остаются прежними. В случае негативной информации компания завод строить не будет.

Все расчеты выражены в текущих ценах и не должны дисконтироваться.

Постройте «дерево решений». Определите наиболее эффективную последовательность действий, основываясь на ожидаемых доходах. Укажите, какова ожидаемая оценка наилучшего решения.

Решение

«Дерево решений» строительства завода представлено на рисунке 4.

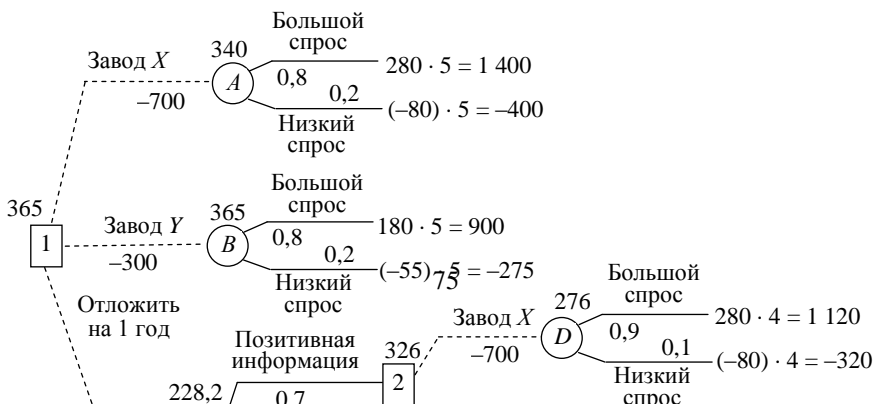


Рисунок 4 – «Дерево решений» строительства завода

Рассчитаем ожидаемые стоимостные оценки узлов.

$$EMV(A) = 0,8 \cdot 1\,400 + 0,2 \cdot (-400) - 700 = 340 \text{ тыс. долл. США.}$$

$$EMV(B) = 0,8 \cdot 900 + 0,2 \cdot (-275) - 300 = 365 \text{ тыс. долл. США.}$$

$$EMV(D) = 0,9 \cdot 1\,120 + 0,1 \cdot (-320) - 700 = 276 \text{ тыс. долл. США.}$$

$$EMV(E) = 0,9 \cdot 720 + 0,1 \cdot (-220) - 300 = 326 \text{ тыс. долл. США.}$$

Так как $EMV(2) = \max \{EMV(D), EMV(E)\} = \max \{276, 326\} = 326 = EMV(E)$, то в узле 2 отбрасываем возможность решения «завод X ».

$$EMV(C) = 0,7 \cdot 326 + 0,3 \cdot 0 = 228,2 \text{ тыс. долл. США.}$$

Так как $EMV(1) = \max \{EMV(A), EMV(B), EMV(C)\} = \max \{340; 365; 228,2\} = 365 = EMV(B)$, то в узле 1 выбираем решение «завод Y ».

Строим завод Y . Ожидаемая стоимостная оценка этого наилучшего решения равна 365 тыс. долл. США.

Задача 34. Компания рассматривает вопрос о строительстве завода по трем вариантам действий:

1. Построить завод X стоимостью M_1 тыс. долл. США. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере R_1 тыс. долл. США в течение следующих 5 лет) с вероятностью p_1 и низкий спрос (ежегодные убытки R_2 тыс. долл. США) с вероятностью p_2 .

2. Построить завод Y стоимостью M_2 тыс. долл. США. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере T_1 тыс. долл. США в течение следующих 5 лет) с вероятностью p_1 и низкий спрос (ежегодные убытки T_2 тыс. долл. США) с вероятностью p_2 .

3. Отложить строительство завода на один год для сбора дополнительной информации, которая может быть позитивной или негативной с вероятностью p_3 и p_4 соответственно. В случае позитивной ин-

формации можно построить завод по указанным выше расценкам, а вероятности большого и низкого спросов меняются на p_5 и p_6 соответственно. Доходы на последующие четыре года остаются прежними. В случае негативной информации компания завод строить не будет.

Все расчеты выражены в текущих ценах и не должны дисконтироваться.

Постройте три «деревя решений». Исходные данные приведены в таблице 65. Для каждого из «деревьев» определите наиболее эффективную последовательность действий, основываясь на ожидаемых доходах. Укажите, какова ожидаемая оценка наилучшего решения.

Таблица 65 – Исходные данные для построения «деревьев решений»

Показатели	M_1	M_2	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	R_1	R_2	T_1	T_2
Значение показателя для первого «деревя решений»	600	350	0,7	0,3	0,8	0,2	0,9	0,1	250	50	150	25
Значение показателя для второго «деревя решений»	615	335	0,7	0,3	0,85	0,15	0,93	0,07	235	35	135	10
Значение показателя для третьего «деревя решений»	720	350	0,65	0,35	0,8	0,2	0,94	0,06	355	155	155	55

Методы экстраполяции

Экстраполяция – метод научного исследования, заключающийся в распространении выводов, полученных из наблюдения над одной частью явления, на другую его часть.

Сущность экстраполяции при прогнозировании заключается в изучении сложившихся в прошлом и настоящем устойчивых тенденций развития объекта прогнозирования и в переносе их на будущее.

К стадиям экстраполяционных методов прогнозирования относятся:

1. *Ретроспекция*, включающая следующие этапы:

Этап 1. Получение информации о прошлом и настоящем объекта прогнозирования и представление ее в пригодном для анализа виде.

Если удастся формализовать и представить информацию либо количественно (в виде табличных функций, в частности, в виде времен-

ных рядов), либо графически, то в дальнейшем возможно применение методов математической экстраполяции. В противном случае ограничиваются логической экстраполяцией.

Этап 2. Анализ информации о прошлом и настоящем объекта прогнозирования с целью выявления и изучения устойчивых тенденций в его развитии.

2. *Выбор существующих или создание новых методов экстраполяции.*

3. *Проспекция*, которая включает следующие этапы:

Этап 1. Проработка предварительных вопросов:

- На какой срок возможно и целесообразно составлять прогноз? (Надежность и смысл прогноза уменьшаются по мере увеличения его дальности.)

- Какова продолжительность базового периода? (Ошибочность прогноза резко повышается, если дальность прогноза больше, чем третья часть базового периода.)

- Надежна и значима ли информация о прошлом и настоящем?

Этап 2. Разработка прогноза.

Пусть информация об объекте прогнозирования представлена в виде временного ряда, состоящего из n уровней: y_1, y_2, \dots, y_n . Рассмотрим некоторые классы экстраполяционных методов прогнозирования.

1. Наивные методы. Наивные методы основываются на простейших предположениях относительно закономерности развития временного ряда. Предполагается, что динамика будущего в точности повторит сложившийся механизм развития. Поэтому прогноз, сделанный на основе этих методов, иногда называют прогнозом без изменений. Приведем несколько видов наивных моделей:

- Простая наивная модель:

$$\hat{y}_{t+1} = y_t.$$

- Наивная модель с учетом тренда:

$$\hat{y}_{t+1} = y_t + (y_t - y_{t-1}).$$

- Наивная модель с учетом скорости изменения:

$$\hat{y}_{t+1} = y_t \cdot \frac{y_t}{y_{t-1}}.$$

- Наивная модель с τ -сезонностью в данных:

$$\hat{y}_{t+1} = y_{t-\tau-1}.$$

Например, наивная модель с квартальной сезонностью в данных имеет вид:

$$\hat{y}_{t+1} = y_{t-3}.$$

- Наивная модель с трендом и τ -сезонностью в данных:

$$\hat{y}_{t+1} = y_{t-\tau-1} + \frac{(y_t - y_{t-1}) + \dots + (y_{t-\tau-1} - y_{t-\tau})}{\tau}.$$

Например, наивная модель с трендом и квартальной сезонностью в данных имеет вид:

$$\hat{y}_{t+1} = y_{t-3} + \frac{(y_t - y_{t-1}) + \dots + (y_{t-3} - y_{t-2})}{2},$$

где \hat{y}_{t+1} – прогнозная оценка на $(t+1)$ -й период (момент) времени;

y_i – фактическое значение i -го уровня;

τ – количество периодов (моментов) времени, через которые проявляется наличие сезонности в ряду.

Задача 35. Данные о валовом сборе плодов и ягод представлены в таблице 66.

Таблица 66 – Данные о валовом сборе плодов и ягод, тыс. т

Показатель	Номер года				
	1	2	3	4	5
Объем валового сбора плодов и ягод	17,5	16,0	16,5	16,3	16,4

Постройте прогноз объема валового сбора плодов и ягод на 6-й год, используя:

- простую наивную модель;
- наивную модель с учетом тренда;
- наивную модель с учетом скорости изменения.

Задача 36. Изучите исходные данные по объему продаж безалкогольных напитков, содержащиеся в таблице 67.

Таблица 67 – Данные по объему продаж безалкогольных напитков, денеж. ед.

Годы, кварталы	Объем продаж
2009 г.:	145

I квартал	
II квартал	620
III квартал	500
IV квартал	210
2010 г.:	
I квартал	117
II квартал	650
III квартал	520
IV квартал	240
2011 г.:	
I квартал	200
II квартал	670
III квартал	540
IV квартал	250

Окончание таблицы 67

Годы, кварталы	Объем продаж
2012 г.:	
I квартал	230
II квартал	700
III квартал	580
IV квартал	290

Постройте график данного временного ряда.

Составьте прогноз объема продаж безалкогольных напитков (в денеж. ед.) на I квартал 2013 г., используя:

- наивную модель с τ -сезонностью в данных;
- наивную модель с трендом и τ -сезонностью в данных.

2. Методы усредняющего скользящего сглаживания. Методы усредняющего скользящего сглаживания представляют собой разнообразные процедуры усреднения уровней временного ряда, так что в этом процессе сохраняется общая тенденция уровней ряда, но дисперсия его снижается. Способ усреднения, как правило, определяет конкретное наименование метода.

Общая идея методов этой группы заключается в следующем. На выбранном интервале сглаживания по заданному алгоритму рассчитывают сглаженное значение уровня временного ряда. Полученное сглаженное значение относят к оговоренному алгоритмом периоду (моменту) времени. Затем интервал сглаживания сдвигают на один

уровень ряда и расчет сглаженного значения повторяют и т. д.

Уровни временного ряда, которые берут для расчета сглаженного значения, называются *активным участком сглаживания*.

Метод простой скользящей средней

Скользящее среднее \bar{y}_t , соответствующее периоду (моменту) времени t , порядка ℓ – это среднее значение ℓ последовательных уровней временного ряда:

$$\bar{y}_t = \frac{y_t + y_{t-1} + y_{t-2} + \dots + y_{t-\ell+1}}{\ell}, \quad (11)$$

где y_i – фактическое значение i -го уровня ряда, $i = t, t-1, t-2, \dots, t-\ell+1$; ℓ – длина интервала сглаживания (количество уровней ряда в скользящем среднем).

Прогнозом на следующий $(t+1)$ -й период (момент) времени \hat{y}_{t+1} принимают скользящее среднее за предыдущий t -й период (момент) времени: $\hat{y}_{t+1} = \bar{y}_t$.

Формулу (11) для расчета сглаженного значения ряда (сглаженное значение относится на последний период (момент) активного участка сглаживания) применяют обычно в ситуациях, когда цель использования метода – построение прогнозной оценки уровня ряда. Если же основная исследовательская задача состоит в выявлении основной тенденции развития ряда, то предпочтение отдают формулам (12), (13), относящим сглаженное значение к середине активного участка сглаживания:

- при нечетном значении $\ell = 2p + 1$, где p – целое положительное число:

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-p} + y_{t-p+1} + \dots + y_{t+p-1} + y_{t+p}}{2p+1}; \quad (12)$$

- при четном значении $\ell = 2p$:

$$\bar{y}_t = \frac{\frac{1}{2} y_{t-p} + y_{t-p+1} + \dots + y_{t+p-1} + \frac{1}{2} y_{t+p}}{2p}. \quad (13)$$

Метод простой скользящей средней может быть применен к стабильным данным при незначительных колебаниях. В случае однона-

правленных изменений исследуемого показателя (повышения или понижения) более точный прогноз может быть получен методом двойной скользящей средней.

Метод двойной скользящей средней

Данный метод представляет собой более сложную двухэтапную процедуру усреднения. Сначала временной ряд сглаживают методом простой скользящей средней, а потом повторяют процедуру усреднения для рассчитанных значений:

$$\bar{\bar{y}}_t = \frac{\bar{y}_t + \bar{y}_{t-1} + \bar{y}_{t-2} + \dots + \bar{y}_{t-\ell+1}}{\ell}, \quad (14)$$

где $\bar{\bar{y}}_t$ – вторичное скользящее среднее.

Для построения прогноза рассчитывают сумму первичного скользящего среднего и разницы между первичным и вторичным скользящими средними a (15), коэффициент корректировки b (16):

$$a_t = \bar{y}_t + (\bar{y}_t - \bar{\bar{y}}_t) = 2\bar{y}_t - \bar{\bar{y}}_t; \quad (15)$$

$$b_t = \frac{2}{\ell - 1} (\bar{y}_t - \bar{\bar{y}}_t). \quad (16)$$

Прогнозную оценку на m периодов (моментов) времени вперед определяют по формуле

$$\hat{y}_{t+m} = a_t + b_t \cdot m. \quad (17)$$

Пример 13. На основе помесечной информации о значениях показателя A за год, представленных в таблице 68, рассчитайте простую скользящую среднюю и двойную скользящую среднюю при длине интервала сглаживания $\ell = 3$. Постройте прогноз значения показателя A на январь следующего года, используя значения скользящих средних и методы простой скользящей средней, двойной скользящей средней.

Таблица 68 – Значения показателя A , усл. ед.

Номер месяца	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8

Значение показателя A	31,819	31,685	31,444	31,204	31,907	30,469	30,360
-------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Окончание таблицы 68

Номер месяца	8	9	10	11	12
1	9	10	11	12	13
Значение показателя A	30,349	30,599	30,165	29,808	29,433

Решение

Так как по условию $\ell = 3$, то $t - \ell + 1 = t - 3 + 1 = t - 2$. Следовательно, формулы (11), (14) примут вид:

$$\bar{y}_t = \frac{y_t + y_{t-1} + y_{t-2}}{3}; \quad \bar{\bar{y}}_t = \frac{\bar{y}_t + \bar{y}_{t-1} + \bar{y}_{t-2}}{3} \text{ соответственно.}$$

Расчет простой скользящей средней и двойной скользящей средней, а также a_t и b_t приведен в таблице 69.

Таблица 69 – Расчет скользящих средних, a_t, b_t , усл. ед.

t	y_t	\bar{y}_t	$\bar{\bar{y}}_t$	a_t	b_t
1	31,819	—	—	—	—
2	31,685	—	—	—	—
3	31,444	31,649	—	—	—
4	31,204	31,444	—	—	—
5	31,907	31,518	31,537	31,499	–0,019
6	30,469	31,193	31,385	31,001	–0,192
7	30,360	30,912	31,208	30,616	–0,296
8	30,349	30,393	30,833	29,953	–0,440
9	30,599	30,436	30,580	30,292	–0,144
10	30,165	30,371	30,400	30,342	–0,029
11	29,808	30,191	30,333	30,049	–0,142
12	29,433	29,802	30,121	29,483	–0,319

Прогнозная оценка показателя A на январь следующего года \hat{y}_{13} , рассчитанная с использованием:

- метода простой скользящей средней при $\ell = 3$, равна:

$$\hat{y}_{13} = \bar{y}_{12} = 29,802 \text{ усл. ед.};$$

- метода двойной скользящей средней при $\ell = 3$, $m = 1$, равна:

$$\hat{y}_{13} = \hat{y}_{12+1} = a_{12} + b_{12} \cdot 1 = 29,483 + (-0,319)1 = 29,164 \text{ усл. ед.}$$

Задача 37. На основе данных об объеме продаж, представленных в таблице 70, выполните следующее:

1) рассчитайте простую скользящую среднюю и двойную скользящую среднюю при длине интервала сглаживания $\ell = 3$;

2) постройте прогноз объема продаж на 2013 г., используя значения скользящих средних, полученных в первом пункте, и методы простой скользящей средней, двойной скользящей средней.

Таблица 70 – Объем продаж, денеж. ед.

Показатель	Годы						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Объем продаж	135	137	140	142	139	141	145

Задача 38. На основе данных об объеме выпуска продукции, представленных в таблице 71, используя методы простой скользящей средней, двойной скользящей средней с интервалом в четыре года ($\ell = 4$), постройте прогноз объема выпуска продукции на 2013 г.

Таблица 71 – Объем выпуска продукции, денеж. ед.

Показатель	Годы								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Объем выпуска продукции	1 018	1 118	1 201	1 198	1 222	1 301	1 278	1 325	1 400

Задача 39. По данным задачи 37, используя метод двойной скользящей средней ($\ell = 3$), постройте прогноз объема продаж (в денеж. ед.) на 2016 г.

Метод взвешенной скользящей средней

Взвешенное скользящее среднее \bar{y}_t , соответствующее периоду (моменту) времени t , порядка ℓ определяют по формуле средней арифметической взвешенной (простое скользящее среднее – по формуле средней арифметической).

Прогнозом на следующий $(t+1)$ -й период (момент) времени \hat{y}_{t+1} принимают взвешенное скользящее среднее за предыдущий t -й период (момент) времени: $\hat{y}_{t+1} = \bar{y}_t$.

При простой скользящей средней выравнивание на каждом активном участке сглаживания производят по прямой (полиному 1-го порядка), а при сглаживании по взвешенной скользящей средней используют полиномы более высоких порядков.

Значения весовых коэффициентов зависят только от длины интервала сглаживания ℓ и порядка аппроксимирующего полинома, используемого на активном участке сглаживания.

Приведем следующие свойства весовых коэффициентов:

- сумма весовых коэффициентов равна единице;
- весовые коэффициенты симметричны относительно центрального уровня на активном участке сглаживания;
- при одной и той же длине интервала сглаживания весовые коэффициенты для полиномов четного порядка будут такими же, как и для полиномов порядка на единицу больше.

Весовые коэффициенты для расчета взвешенной скользящей средней при сглаживании по полиномам 2-го или 3-го порядка приведены в таблице 72.

Таблица 72 – **Весовые коэффициенты для расчета взвешенной скользящей средней при сглаживании по полиномам 2-го или 3-го порядка**

Длина интервала сглаживания	Весовые коэффициенты
5	$\frac{1}{35} [-3, +12, +17]$
7	$\frac{1}{21} [-2, +3, +6, +7]$
9	$\frac{1}{231} [-21, +14, +39, +54, +59]$
11	$\frac{1}{429} [-36, +9, +44, +69, +84, +89]$

13	$\frac{1}{143} [-11, 0, +9, +16, +21, +24, +25]$
----	--

Так как весовые коэффициенты симметричны относительно центрального уровня, то в таблице 72 использована символическая запись: приведены весовые коэффициенты для половины уровней активного участка; выделен весовой коэффициент, относящийся к уровню, стоящему в центре участка сглаживания. Для оставшихся уровней весовые коэффициенты не приведены, так как они могут быть симметрично отражены.

Пример 14. На основании данных примера 13 (таблица 68) выполните следующее:

1) рассчитайте взвешенную скользящую среднюю для временного ряда значений показателя A за год при длине интервала сглаживания $\ell = 5$ и сглаживании на каждом активном участке по полиному 2-го порядка;

2) используя метод взвешенной скользящей средней и значения взвешенной скользящей средней, полученные в первом пункте, постройте прогноз значения показателя A на январь следующего года.

Решение

Для вычисления значений взвешенной скользящей средней воспользуемся информацией, представленной в таблице 72. Имеем:

$$\begin{aligned}\bar{y}_5 &= \frac{1}{35}(-3y_1 + 12y_2 + 17y_3 + 12y_4 - 3y_5) = \frac{1}{35}(-3 \cdot 31,819 + \\ &+ 12 \cdot 31,685 + 17 \cdot 31,444 + 12 \cdot 31,204 - 3 \cdot 31,907) = 31,373, \\ \bar{y}_6 &= \frac{1}{35}(-3y_2 + 12y_3 + 17y_4 + 12y_5 - 3y_6) = \\ &= \frac{1}{35}(-3 \cdot 31,685 + 12 \cdot 31,444 + 17 \cdot 31,204 + 12 \cdot 31,907 - 3 \cdot 30,469) = \\ &= 31,549 \text{ усл. ед. и т. д.}\end{aligned}$$

В таблице 73 отражены результаты дальнейших расчетов.

Таблица 73 – Расчет взвешенной скользящей средней, усл. ед.

t	y_t	\bar{y}_t
-----	-------	-------------

1	31,819	–
2	31,685	–
3	31,444	–
4	31,204	–
5	31,907	31,373
6	31,469	31,549
7	30,360	31,345
8	30,349	30,872
9	30,599	30,241
10	30,165	30,444
11	29,808	30,453
12	29,433	30,238

Прогнозная оценка показателя A на январь следующего года \hat{y}_{13} , рассчитанная с использованием метода взвешенной скользящей средней при $\ell = 5$ и сглаживании по полиному 2-го порядка, составит:

$$\hat{y}_{13} = \hat{y}_{12+1} = \bar{y}_{12} = 30,238 \text{ усл. ед.}$$

Задача 40. На основе данных об урожайности за десять лет, представленных в таблице 74, выполните следующее:

1) рассчитайте взвешенную скользящую среднюю для временного ряда урожайности за десять лет при длине интервала сглаживания $\ell = 7$ и сглаживании на каждом активном участке по полиному 2-го порядка;

2) составьте прогноз урожайности в 11-м году, используя метод взвешенной скользящей средней:

а) при длине интервала сглаживания $\ell = 7$ и сглаживании на каждом активном участке по полиному 2-го порядка;

б) при длине интервала сглаживания $\ell = 5$ и сглаживании на каждом активном участке по полиному 3-го порядка.

Таблица 74 – Данные об урожайности, ц/га

Показатель	Номер года									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Урожайность	19,3	21,2	17,5	15,7	19,3	22,3	20,9	23,3	22	20,7

3. Методы экспоненциального сглаживания. При использова-

нии методов усредняющего скользящего сглаживания все уровни временного ряда независимо от периода (момента) их возникновения являются равноправными, т. е. исходная информация является равноценной. Однако, как показывает опыт, экономические показатели имеют тенденцию «старения». Влияние более поздних уровней ряда на развитие процесса в будущем существеннее, чем более ранних. Проблему «старения» данных временных рядов решают методы экспоненциального сглаживания (модели Брауна). Эти методы позволяют более сбалансированно учитывать в текущем сглаженном уровне временного ряда его историю: более поздним уровням придаются большие «веса» по сравнению с более ранними, причем «веса» уровней убывают по экспоненте.

Рассмотрим в качестве примера так называемую простую форму модели Брауна:

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}, \quad (18)$$

где S_t – текущее значение экспоненциальной средней в период (момент) t , $t = 1, 2, \dots, n$;

y_t – текущее значение ряда в период (момент) t ;

S_{t-1} – значение экспоненциальной средней в период (момент) $t-1$;

α – параметр сглаживания, $0 < \alpha < 1$;

$(1-\alpha)$ – коэффициент дисконтирования, который отражает степень доверия к более поздним фактическим данным.

В зависимости от величины параметра сглаживания α прогнозные оценки по-разному учитывают влияние исходного временного ряда: чем больше α , тем больше вклад последних уровней ряда в формирование зависимости, а влияние начальных уровней быстро убывает. При малом α прогнозные оценки учитывают все уровни ряда, при этом уменьшение влияния более «старой» информации происходит медленно, т. е. чем меньше α , тем данные более стабильны, и наоборот.

В области экономического прогнозирования наиболее употребимы пределы $0,05 < \alpha < 0,3$. Значение α в общем случае должно зависеть от срока прогнозирования: чем меньше срок, тем большим должно быть значение параметра.

Что касается начального параметра S_0 , то в конкретных задачах его берут или равным значению первого уровня ряда y_1 , или равным средней арифметической нескольких первых членов ряда.

Указанный выше порядок выбора величины S_0 обеспечивает хорошее согласование сглаженного и исходного рядов для первых уровней. Если при подходе к правому концу временного ряда сгла-

женные этим методом значения при выбранной величине параметра α начинают значительно отличаться от соответствующих значений исходного ряда, необходимо перейти на другую величину параметра сглаживания.

Прогнозом на следующий $(t+1)$ -й период (момент) времени \hat{y}_{t+1} , проведенным методом простого экспоненциального сглаживания Брауна (18), принимают экспоненциальное среднее за предыдущий t -й период (момент) времени: $\hat{y}_{t+1} = S_t$.

Пример 15. Для исходных данных, представленных в таблице 75 (графы 1 и 2), рассчитайте простую экспоненциальную среднюю при

а) $\alpha = 0,3$; $S_o = \frac{y_1 + y_2}{2}$;

б) $\alpha = 0,3$; $S_o = y_1$;

в) $\alpha = 0,05$; $S_o = y_1$,

используя метод простого экспоненциального сглаживания Брауна и полученные простые экспоненциальные средние; постройте соответствующие прогнозы объема продаж (в денеж. ед.) на 13-й квартал.

Решение

Расчеты простых экспоненциальных средних при заданных α и S_o приведены в таблице 75.

Таблица 75 – Расчет простых экспоненциальных средних, денеж. ед.

Кварталы	Объем продаж (y_t)	S_t при $\alpha = 0,3$; $S_o = \frac{y_1 + y_2}{2}$	S_t при $\alpha = 0,3$; $S_o = y_1$	S_t при $\alpha = 0,05$; $S_o = y_1$
1	2	3	4	5
1-й	4	4,7	4,0	4,0
2-й	6	5,1	4,6	4,1
3-й	4	4,8	4,4	4,1
4-й	5	4,9	4,6	4,1
5-й	10	6,4	6,2	4,4
6-й	8	6,9	6,7	4,6
7-й	7	6,9	6,8	4,7
8-й	9	7,5	7,5	4,9
9-й	12	8,9	8,9	5,3
10-й	14	10,4	10,4	5,7
11-й	15	11,8	11,8	6,2

12-й	13	12,2	12,2	6,5
------	----	------	------	-----

Поясним заполнение в таблице 75, например, графы 3. С учетом того, что $\alpha = 0,3$; $S_o = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{4 + 6}{2} = 5$, по формуле (18) имеем:

- для 1-го квартала: $S_1 = 0,3 \cdot 4 + (1 - 0,3) 5 = 4,7$ денеж. ед.;
- для 2-го квартала: $S_2 = 0,3 \cdot 6 + (1 - 0,3) 4,7 = 5,1$ денеж. ед.;
- для 3-го квартала: $S_3 = 0,3 \cdot 4 + (1 - 0,3) 5,1 = 4,8$ денеж. ед. и т. д.

Прогнозные оценки объема продаж (в денеж. ед.) на 13-й квартал \hat{y}_{13} , рассчитанные с использованием метода простого экспоненциального сглаживания Брауна, следующие:

а) при $\alpha = 0,3$; $S_o = \frac{y_1 + y_2}{2}$ имеем $\hat{y}_{13} = \hat{y}_{12+1} = S_{12} = 12,2$ денеж. ед.;

б) при $\alpha = 0,3$; $S_o = y_1$ имеем $\hat{y}_{13} = 12,2$ денеж. ед.;

в) при $\alpha = 0,05$; $S_o = y_1$ имеем $\hat{y}_{13} = 6,5$ денеж. ед.

Задача 41. Исходные данные об объеме продаж за последние 11 кварталов приведены в таблице 76.

Таблица 76 – Данные об объеме продаж, денеж. ед.

Показатель	Номер квартала										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Объем продаж	115	125	120	125	123	121	129	136	141	142	144

На основании этих данных рассчитайте прогнозный объем продаж на 12-й квартал методом простого экспоненциального сглаживания Брауна:

а) при $\alpha = 0,08$; $S_o = y_1$;

б) при $\alpha = 0,2$; $S_o = y_1$;

в) при $\alpha = 0,3$; $S_o = y_1$.

4. Метод подбора функций. Метод подбора функций – один из распространенных методов экстраполяции.

Тренд временного ряда – аналитическая функция, характеризующая зависимость уровней ряда от времени.

Главным этапом экстраполяции тенденции временного ряда явля-

ется выбор оптимального вида тренда.

Задача выбора вида тренда заключается в подборе по фактическим данным формы функциональной зависимости (линии) так, чтобы отклонения данных исходного ряда (сглаженного ряда) от соответствующих расчетных, находящихся на линии, были наименьшими.

Расчет оценок значений параметров выбранной функциональной зависимости можно осуществлять с помощью метода наименьших квадратов. Системы нормальных уравнений для оценивания значений параметров линейного и параболического трендов по методу наименьших квадратов приведены в таблице 77.

Таблица 77 – Системы нормальных уравнений для оценивания значений параметров линейного и параболического трендов

Вид тренда	Система нормальных уравнений
$\hat{y}_t = a + bt$	$\begin{cases} an + b \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n y_i, \\ a \sum_{i=1}^n t_i + b \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i t_i \end{cases}$

Окончание таблицы 77

Вид тренда	Система нормальных уравнений
$\hat{y}_t = a + bt + ct^2$	$\begin{cases} an + b \sum_{i=1}^n t_i + c \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i, \\ a \sum_{i=1}^n t_i + b \sum_{i=1}^n t_i^2 + c \sum_{i=1}^n t_i^3 = \sum_{i=1}^n y_i t_i, \\ a \sum_{i=1}^n t_i^2 + b \sum_{i=1}^n t_i^3 + c \sum_{i=1}^n t_i^4 = \sum_{i=1}^n y_i t_i^2 \end{cases}$

Одним из приемов, позволяющих упростить систему нормальных уравнений, является предварительный (до составления системы) перенос начала координат в середину временного ряда.

Построение прогноза рассматриваемого показателя осуществляют путем подстановки прогнозного значения периода (момента) времени в уравнение выбранной функциональной зависимости с рассчитанными оценками значений параметров.

Пример 16. Составьте прогноз объема продаж кожаной обуви на 2013 г., используя данные о продаже населению товара за пять лет, приведенные в таблице 78.

Таблица 78 – Данные о продаже кожаной обуви, денеж. ед.

Показатель	Годы				
	2007	2008	2009	2010	2011
Объем продаж	179,3	193,3	206,0	216,9	226,6

Решение

Представим данные об объеме продаж кожаной обуви за пять лет графически (рисунок 5).

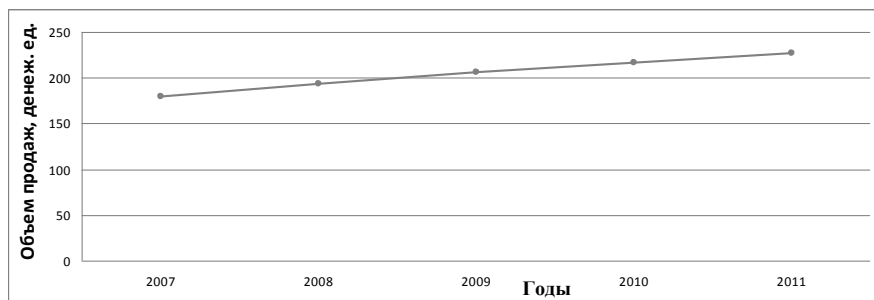


Рисунок 5 – Объем продаж кожаной обуви за 2007–2011 гг.

На основе графического представления можно допустить линейную зависимость объема продаж во времени: $\hat{y}_t = a + bt$, где t – номер года.

Для нахождения оценок значений параметров a и b выбранного вида тренда составим соответствующую ему систему нормальных уравнений (см. таблицу 77). В таблице 79 представлены необходимые вспомогательные вычисления.

Таблица 79 – Данные для расчета оценок значений параметров функции объема продаж (линейная зависимость)

Годы	Номер года (t_i)	Объем продаж (y_i), денеж. ед.	t_i^2	$y_i t_i$
2007	1	179,3	1	179,3
2008	2	193,3	4	386,6
2009	3	206,0	9	618,0
2010	4	216,9	16	867,6
2011	5	226,6	25	1 133,0
Сумма	15	1 022,1	55	3 184,5

Система нормальных уравнений относительно искомым оценок значений параметров примет вид:

$$\begin{cases} 5a + 15b = 10221, \\ 15a + 55b = 3184,5. \end{cases}$$

Отсюда: $\begin{cases} a = 168,96, \\ b = 11,82. \end{cases}$

Следовательно, выбранная функциональная зависимость выражается формулой: $\hat{y}_t = 168,96 + 11,82t$.

Используя полученную функциональную зависимость, составим прогноз объема продаж кожаной обуви на 2013 г. (т. е. на 7-й год по порядку): $\hat{y}_{7(2013)} = 168,96 + 11,82 \cdot 7 = 251,7$ денеж. ед.

Пример 17. Составьте прогноз объема продаж организации на 2013 г. с учетом временного ряда показателя за семь лет.

Исходные данные об объеме продаж за 2004–2010 гг. приведены в таблице 80.

Таблица 80 – Исходные данные об объеме продаж организации, денеж. ед.

Показатель	Годы						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Объем продаж	212	280	317	332	347	356	375

Решение

На основе графического представления исходного ряда (рисунок 6) можно допустить логарифмическую зависимость объема продаж во времени: $\hat{y}_t = a + b \lg t$, где t – номер года.

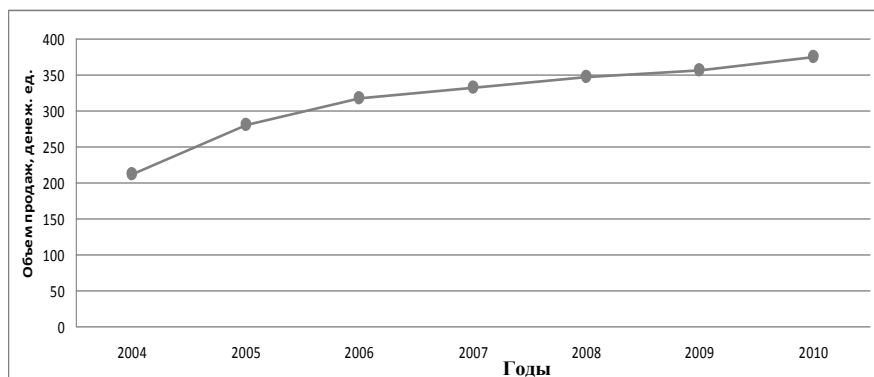


Рисунок 6 – Объем продаж за 2004–2010 гг.

Проведем замену переменной $T = \lg t$. Тогда зависимость примет вид: $\hat{y}_t = a + bT$.

Для нахождения оценок значений параметров a и b линейного тренда составим соответствующую ему систему нормальных уравнений (см. таблицу 77). В таблице 81 представлены необходимые вспомогательные вычисления.

Таблица 81 – Данные для оценок значений расчета параметров функции объема продаж (логарифмическая зависимость)

Годы	Номер года (t_i)	Объем продаж (y_i), денеж. ед.	$T_i = \lg t_i$	T_i^2	$y_i T_i$
2004	1	212	0,000 0	0,000 0	0,000 0
2005	2	280	0,301 0	0,090 6	84,280 0

Окончание таблицы 81

Годы	Номер года (t_i)	Объем продаж (y_i), денеж. ед.	$T_i = \lg t_i$	T_i^2	$y_i T_i$
2006	3	317	0,477 1	0,227 6	151,240 7
2007	4	332	0,602 1	0,362 5	199,897 2
2008	5	347	0,699 0	0,488 6	242,553 0
2009	6	356	0,778 2	0,605 6	277,039 2
2010	7	375	0,845 1	0,714 2	316,912 5
Сумма	–	2 219	3,702 5	2,489 1	1 271,922 6

Система нормальных уравнений относительно искомым оценок значений параметров a и b примет вид:

$$\begin{cases} 7a + 3,7025b = 2\,219, \\ 3,7025a + 2,4891b = 1\,271,9226. \end{cases}$$

Отсюда: $\begin{cases} a = 219,1052, \\ b = 185,0804. \end{cases}$

Следовательно, выбранная функциональная зависимость выражается формулой

$$\hat{y}_t = 219,1052 + 185,0804 \cdot \lg t.$$

Используя полученную функциональную зависимость, составим прогноз объема продаж на 2013 г. (т. е. на 10-й год по порядку):

$$\hat{y}_{10(2013)} = 219,1052 + 185,0804 \cdot \lg 10 \approx 404 \text{ денеж. ед.}$$

Задача 42. Составьте прогноз спроса на телевизоры на 2014 г., используя данные о продаже продукции за шесть лет, приведенные в таблице 82.

Таблица 82 – Данные о продаже телевизоров, денеж. ед.

Показатель	Годы					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Объем продаж	10 120	10 230	11 233	10 982	11 345	15 426

Задача 43. Составьте прогноз численности населения в городе на 2013 г., используя данные об изменении численности населения в городе по годам, приведенные в таблице 83.

Таблица 83 – Данные о численности населения, тыс. чел.

Показатель	Годы								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Численность	391	500	561	617	693	735	795	820	830

Вид тренда: $\hat{y}_t = a + \frac{b}{t}.$

Задача 44. Составьте прогноз продажи холодильников в магазине на 2015 г., используя данные о продаже продукции, приведенные в таблице 84.

Таблица 84 – Данные о продаже холодильников, денеж. ед.

Показатель	Годы							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Объем продаж	161	308	384	432	450	468	475	491

Вид тренда: $\hat{y}_t = a + b\sqrt{t}$.

Пример 18. В таблице 85 представлены квартальные данные о прибыли организации.

Таблица 85 – Прибыль организации, денеж. ед.

Кварталы	Прибыль (y_t)	Кварталы	Прибыль (y_t)	Кварталы	Прибыль (y_t)
1-й	70,4	6-й	105,2	11-й	137,4
2-й	78,3	7-й	108,4	12-й	145,2
3-й	8,2	8-й	117,1	13-й	159,8
4-й	88,5	9-й	121,3	14-й	166,7
5-й	99,9	10-й	126,9	15-й	182,4

Рассчитайте прогноз прибыли в 17-м квартале, предполагая, что функциональная зависимость прибыли во времени:

1) линейная: $\hat{y}_t = a + bt$;

2) параболическая: $\hat{y}_t = a + bt + ct^2$,

используя перенос начала координат в середину временного ряда.

Решение

Необходимые вспомогательные вычисления приведены в таблице 86.

Таблица 86 – Данные для расчета оценок значений параметров линейного и параболического трендов

Кварталы	y_t	t	$y_t t$	t^2	$y_t t^2$	t^3	t^4
1-й	70,4	–7	–492,8	49	3 449,6	–343	2 401
2-й	78,3	–6	–469,8	36	2 818,8	–216	1 296

3-й	82	-5	-410	25	2 050	-125	625
4-й	88,5	-4	-354	16	1416	-64	256
5-й	99,9	-3	-299,7	9	899,1	-27	81
6-й	105,2	-2	-210,4	4	420,8	-8	16
7-й	108,4	-1	-108,4	1	108,4	-1	1
8-й	117,1	0	0	0	0	0	0
9-й	121,3	1	121,3	1	121,3	1	1
10-й	126,9	2	253,8	4	507,6	8	16
11-й	137,4	3	412,2	9	1 236,6	27	81
12-й	145,2	4	580,8	16	2 323,2	64	256
13-й	159,8	5	799	25	3 995	125	625
14-й	166,7	6	1 000,2	36	6 001,2	216	1 296
15-й	182,4	7	1 276,8	49	8 937,6	343	2 401
Сумма	1 789,5	0	2 099	280	34 285,2	0	9 352

Итак:

1. В соответствии с таблицей 77 система нормальных уравнений относительно искоемых оценок значений параметров a и b линейного тренда имеет вид:

$$\begin{cases} 15a + 0 \cdot b = 1789,5, \\ 0 \cdot a + 280b = 2099. \end{cases}$$

Отсюда: $a = 119,3$; $b = 7,496$.

Следовательно, уравнение линейного тренда имеет вид:

$$\hat{y}_t = 119,3 + 7,496t.$$

Для определения прогноза прибыли в 17-м квартале, на два шага вперед, в уравнение полученного тренда подставим соответствующее значение временного параметра, т. е. $t = 9$. Если бы оценки значений параметров были получены без переноса начала координат в середину ряда, то следовало бы подставить значение временного параметра $t = 17$.

Рассчитаем прогнозную оценку прибыли:

$$\hat{y}_{9(17)} = 119,3 + 7,496 \cdot 9 = 186,764 \text{ денеж. ед.}$$

2. В соответствии с таблицей 77 система нормальных уравнений относительно искоемых оценок значений параметров a , b и c параболического тренда имеет вид:

$$\begin{cases} 15a + 0 \cdot b + 280c = 1789,5, \\ 0 \cdot a + 280b + 0 \cdot c = 2099, \\ 280a + 0 \cdot b + 9352c = 34285,2. \end{cases}$$

Отсюда: $a = 115,313$; $b = 7,496$; $c = 0,214$.

Следовательно, уравнение параболического тренда имеет вид:

$$\hat{y}_t = 115,313 + 7,496t + 0,214t^2.$$

Рассчитаем прогнозную оценку прибыли:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{9(17)} &= 115,313 + 7,496 \cdot 9 + 0,214 \cdot 9^2 = \\ &= 115,313 + 67,464 + 17,334 = 200,111 \text{ денеж. ед.} \end{aligned}$$

Пример 19. В таблице 87 представлены данные о доходах организации.

Таблица 87 – Доход организации

Годы	Номер года	Доход, денеж. ед.
2003	1	14
2004	2	17
2005	3	18
2006	4	19
2007	5	25
2008	6	26
2009	7	30
2010	8	37
2011	9	48

По данным таблицы 87 определите оценки значений параметров показательного тренда $\hat{y}_t = ab^t$, используя перенос начала координат в середину временного ряда.

Решение

Для нахождения оценок значений параметров a и b сначала, применяя операцию логарифмирования, имеем:

$$\begin{aligned} \hat{y}_t &= ab^t; \\ \ln \hat{y}_t &= \ln(ab^t). \end{aligned}$$

Откуда:

$$\ln \hat{y}_t = \ln a + \ln b^t$$

или

$$\ln \hat{y}_t = \ln a + \ln b \cdot t.$$

Затем, введя обозначения: $\ln y_t = Y_t$, $\ln a = A$, $\ln b = B$, получим $Y_t = A + Bt$ – линейную зависимость. Рассчитаем оценки значений параметров A и B , используя перенос начала координат в середину временного ряда. Необходимые вспомогательные вычисления приведены в таблице 88.

Таблица 88 – Данные для расчета оценок значений параметров A и B

Номер года	t	y_t	t^2	$Y = \ln y_t$	$Y \cdot t$
1	–4	14	16	2,639	–10,556
2	–3	17	9	2,833	–8,499
3	–2	18	4	2,890	–5,780
4	–1	19	1	2,944	–2,944
5	0	25	0	3,219	0,000
6	1	26	1	3,258	3,258
7	2	30	4	3,401	6,802
8	3	37	9	3,611	10,833
9	4	48	16	3,871	15,484
Сумма	0	234	60	28,666	8,598

В соответствии с таблицей 77 система нормальных уравнений относительно искомым оценок значений параметров A и B имеет вид:

$$\begin{cases} 9A + 0 \cdot B = 28,666, \\ 0 \cdot A + 60B = 8,598. \end{cases}$$

Отсюда: $A = 3,185$; $B = 0,143$.

Проведя потенцирование, получаем: $a = 24,174$; $b = 1,154$.

Задача 45. Рассчитайте прогнозную оценку показателя A в 2013 г. на основе данных о его динамике по годам, приведенных в таблице 89, предполагая, что функциональная зависимость значения показателя A во времени выражается уравнениями:

- $\hat{y}_t = a + bt$;

- $\hat{y}_t = a + bt + ct^2$;
- $\hat{y}_t = ab^t$.

Таблица 89 – Данные о динамике показателя A

Годы	2007	2008	2009	2010	2011
Значение показателя A	3	1	1	2	1

Задача 46. Предполагая параболическую зависимость прибыли во времени, рассчитайте прогноз прибыли в 2015 г. на основе данных о ее динамике по годам, приведенных в таблице 90, используя перенос начала координат в середину временного ряда.

Таблица 90 – Данные о динамике прибыли, денеж. ед.

Показатель	Годы					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Прибыль	115,6	375,9	493,0	523,1	864,1	1 012,9

Нормативный метод

Нормативный метод применяют на всех уровнях управления экономикой: макро-, мезо- и микроуровнях.

На макроуровне применяют метод укрупненных нормативов, который предполагает использование среднеотраслевых нормативов расхода продукции i -й отрасли-производителя на единицу продукции j -й отрасли-потребителя a_{ij} . На их основе при разработке межотраслевого баланса определяют межотраслевые поставки и потребности каждой отрасли в продукции других отраслей (A_i): $A_i = a_{ij}x_j$, где x_j – объем производства j -й отрасли-потребителя.

На мезоуровне (региональном и отраслевом) применяют групповые нормы расхода материальных ресурсов (например, норма расхода сахара на 1 т кондитерских изделий). Зная прогнозируемые объемы производства продукции в групповом ассортименте и групповые нормы расхода, можно рассчитать потребность в конкретном ресурсе на определенный период.

На микроуровне нормативный метод определения потребности в ресурсах носит название «метод прямого счета». Он основан на использовании объема производства продукции (выполняемых работ) и

норм расхода материальных ресурсов на единицу продукции (работ). Потребность в конкретном материальном ресурсе $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$ определяют по формуле

$$A_i = \sum_{j=1}^n H_{ij} q_j, \quad (19)$$

где n – количество разновидностей продукции (работ), при производстве которых используется данный материал;

H_{ij} – норма расхода i -го материала на единицу j -го вида продукции (работ);

q_j – прогнозируемый объем производства j -го вида продукции.

Пример 20. Методом укрупненных нормативов определите совокупный объем поставок продукции машиностроения и металлообработки по отраслям экономики республики в прогнозном периоде, используя данные таблицы 91.

Таблица 91 – **Исходные данные по отраслям-потребителям**

Отрасли-потребители	Прямые материальные затраты, р./р.	Валовой выпуск, млрд р.
Электроэнергетика и топливная промышленность	0,016	10 484
Машиностроение и металлообработка	0,163	10 679
Легкая и пищевая промышленность	0,005	13 605
Сельское и лесное хозяйство	0,026	12 498
Строительство	0,031	3 223
Транспорт и связь	0,038	5 184
Торговля и общественное питание	0,011	4 529

Окончание таблицы 91

Отрасли-потребители	Прямые материальные затраты, р./р.	Валовой выпуск, млрд р.
Жилищно-коммунальное хозяйство	0,070	1 919
Образование, здравоохранение и культура	0,026	3 727
Прочие отрасли	0,020	18 973

Решение

Совокупный объем поставок продукции машиностроения и металлообработки по отраслям экономики в прогнозном периоде будет равен:

$$0,016 \cdot 10\,484 + 0,163 \cdot 10\,679 + 0,005 \cdot 13\,605 + 0,026 \cdot 12\,498 + \\ + 0,031 \cdot 3\,223 + 0,038 \cdot 5\,184 + 0,011 \cdot 4\,529 + 0,070 \cdot 1\,919 + \\ + 0,026 \cdot 3\,727 + 0,020 \cdot 18\,973 = 3\,258,81 \text{ млрд р.}$$

Пример 21. Спрогнозируйте потребность в сахаре для производства кондитерских изделий. Средняя норма расхода сахара на 1 т шоколадных конфет – 350 кг, ириса – 400, карамели – 600, печенья – 200, вафель – 300 кг. Прогнозируемые объемы производства кондитерских изделий по указанным группам – 3 600, 8 300, 18 300, 19 500, 970 т соответственно.

Решение

Определим потребность в сахаре для производства кондитерских изделий в прогнозном периоде:

$$350 \cdot 3\,600 + 400 \cdot 8\,300 + 600 \cdot 18\,300 + \\ + 200 \cdot 19\,500 + 300 \cdot 970 = 19\,751 \text{ т.}$$

Пример 22. На основании исходных данных, представленных в таблице 92, определите плановую потребность в материалах по видам.

Таблица 92 – **Исходные данные о материалах**

Материалы	Норма расхода на единицу продукции, г		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
Железо	0,6	0,5	0,4
Свинец	0,1	0,8	0,7
Цинк	0,4	0,5	0,3
Плановый объем производства изделий, шт.	100	200	300

Решение

Рассчитаем плановую потребность в материалах:

- железо: $0,6 \cdot 100 + 0,5 \cdot 200 + 0,4 \cdot 300 = 280 \text{ г};$
- свинец: $0,1 \cdot 100 + 0,8 \cdot 200 + 0,7 \cdot 300 = 380 \text{ г};$
- цинк: $0,4 \cdot 100 + 0,5 \cdot 200 + 0,3 \cdot 300 = 230 \text{ г.}$

Пример 23. Определите потребность в сахаре для производства кондитерских изделий в прогнозном периоде индексным методом. В базисном периоде было произведено 53 337 т кондитерских изделий, израсходовано 18 763 т сахара. В прогнозном периоде предполагается увеличение производства на 6% в связи с ростом спроса на

кондитерские изделия. Нормы расхода сахара на 1 т кондитерских изделий снизятся на 1% за счет сокращения потерь сухих веществ.

Решение

Расчет произведем по формуле

$$A_{it} = A_{i0} \cdot J_Q \cdot J_{Hi}, \quad (20)$$

где A_{it} , A_{i0} – потребность в i -м материале в прогнозном периоде, его фактическое потребление в базисном периоде соответственно;

J_Q – индекс изменения объема производства продукции в прогнозном периоде;

J_{Hi} – индекс изменения норм расхода i -го материала в прогнозном периоде.

Потребность в сахаре для производства кондитерских изделий в прогнозном периоде будет равна:

$$18\,763 \cdot \frac{106}{100} \cdot \frac{99}{100} = 19\,689,892 \text{ т.}$$

Пример 24. Определите потребность в муке в прогнозном периоде для производства хлеба пшеничного высшего сорта весом 0,7 кг. Согласно рецептуре норма расхода пшеничной муки высшего сорта на 1 т хлеба – 740 кг. Норма выхода готовой продукции – 135,7%. Прогнозируемый объем производства этого вида хлеба – 890 т.

Решение

Расчет произведем по формуле

$$A = \frac{aQ}{N}, \quad (21)$$

где A – потребность в ресурсе;

a – норма расхода ресурса;

Q – объем производства продукции;

N – норма выхода готовой продукции.

Потребность в муке для производства хлеба пшеничного высшего сорта весом 0,7 кг будет равна:

$$\frac{740 \cdot 890}{\frac{135,7}{100}} \approx 485,3 \text{ т.}$$

Задача 47. Определите потребность республики в условном топливе в прогнозном периоде нормативным методом для производства топливеемких видов продукции (электроэнергии, цемента, хлеба и хлебобулочных изделий) на основе данных, приведенных в таблице 93.

Таблица 93 – Данные о производстве топливеемких видов продукции и нормах расхода условного топлива на единицу продукции

Продукция	Базисный период	
	Производство	Норма расхода условного топлива на единицу продукции, кг
Электроэнергия, млн кВт·ч	7 000	0,293
Цемент, тыс. т	5 200	220
Хлеб и хлебобулочные изделия, тыс. т	1 250	105

В прогнозном периоде производство электроэнергии увеличится на 5%, цемента – на 3%, хлеба и хлебобулочных изделий уменьшится на 2%. Предусматривается внедрение ресурсосберегающих технологий, которые позволят снизить расход топлива на производство 1 кВт·ч электроэнергии на 10%, 1 т цемента – на 15, 1 т хлеба и хлебобулочных изделий – на 9%.

Задача 48. Рассчитайте потребность в молоке для производства сыров в прогнозном периоде на основе представленных в таблице 94 исходных данных.

Таблица 94 – Данные о производстве сыра

Наименование сыра	Базисный период	
	Производство, т	Норма расхода молока на 1 т сыра, кг
Голландский	430	9 324
Костромской	200	9 396
Литовский	350	5 095
Пошехонский	4 250	9 437
Буковинский	150	9 402

В прогнозном периоде увеличится производство сыра голландского на 25 т, костромского – на 10, литовского сыра – на 1,5 т, пошехонского сыра снизится на 35 т, буковинского сыра увеличится на 7 т.

Задача 49. В базисном периоде при производстве 20 000 т кондитерских изделий израсходовано 9 100 т сахара.

В прогнозном периоде предусматривается снижение норм расхода сахара на 5% за счет сокращения потерь сухих веществ и увеличение производства кондитерских изделий до 22 000 т.

Определите потребность в сахаре для производства кондитерских изделий в прогнозном периоде.

Задача 50. Определите потребность в ржаной муке в прогнозном периоде для производства ржаного хлеба. Согласно рецептуре норма расхода ржаной муки на 1 т ржаного хлеба – 641 кг. Норма выхода готовой продукции – 156%. Прогнозируемый объем производства этого вида хлеба – 2 000 т.

Балансовый метод

Балансовый метод предполагает разработку балансов, представляющих собой систему показателей, в которой одна часть, характеризующая ресурсы по источникам поступления, равна другой, показывающей распределение по всем направлениям их расхода.

Пример 25. Составьте баланс оборудования и металлоконструкций на прогнозируемый год, определив полный объем их производства в народном хозяйстве.

При составлении баланса используйте следующие данные:

1. Объем промышленного производства оборудования и металлоконструкций по прогнозу – 300 млн денеж. ед.

2. Норма расхода металла на 1 млн денеж. ед. оборудования и металлоконструкций – 365 т.

3. Прогнозируемый объем строительно-монтажных работ – 100 млн денеж. ед.

4. Норма расхода металла на 1 млн денеж. ед. строительно-монтажных работ – 295 т.

5. Экспорт оборудования и металлоконструкций по прогнозу – 4 тыс. т.

6. Импорт оборудования и металлоконструкций по прогнозу –

2,7 тыс. т.

7. Запасы на начало и конец прогнозируемого года – 5,7 и 9,4 тыс. т соответственно.

8. Пополнение госрезерва на прогнозируемый год – 2,3 тыс. т.

9. Прочие потребности на прогнозируемый год – 3,4 тыс. т.

Расчеты оформите в виде таблицы.

Решение

Потребность в металле составит:

• для промышленного производства оборудования и металлоконструкций: $300 \cdot 365 = 109\,500$ т;

• для капитального строительства: $100 \cdot 295 = 29\,500$ т.

Для удовлетворения потребности в оборудовании и металлоконструкциях в объеме 158 100 т объем их производства в народном хозяйстве должен составить:

$$158\,100 - 5\,700 - 2\,700 = 149\,700 \text{ т.}$$

Баланс оборудования и металлоконструкций на прогнозируемый год представлен в таблице 95.

Таблица 95 – Баланс оборудования и металлоконструкций

Потребность	Всего, тыс. т	Ресурсы	Всего, тыс. т
Промышленное производство	109,5	Запасы на начало года	5,7
Капитальное строительство	29,5	Производство	149,7
Экспорт	4,0	Импорт	2,7
Пополнение госрезерва	2,3		
Прочие потребности	3,4		
Запасы на конец года	9,4		
Итого	158,1	Итого	158,1

Задача 51. Разработайте прогнозный сводный баланс топлива и определите объемы производства и импорта отдельных видов топливно-энергетических ресурсов по схеме, представленной в таблице 96.

Таблица 96 – Схема сводного баланса топлива

Статьи баланса	Всего условного топлива (у. т.), тыс. т	По видам топлива в натуральном выражении				
		Уголь, тыс. т	Нефтепро- дукты, тыс. т	Газ, млн м ³	Торф, тыс. т	Дрова, тыс. м ³

<i>I. Ресурсы</i>						
Остатки на начало года						
Производство						
Импорт						
Итого						
<i>II. Распределение</i>						
Текущие потребности						
Экспорт						
Запасы на конец года						
Итого						

Запасы на конец года должны составлять 7 364 тыс. т условного топлива, в том числе в натуральном выражении: угля – 1 768 тыс. т, нефтепродуктов – 1 546 тыс. т, газа – 1 657 млн м³, торфа – 4 124 тыс. т, дров – 1 288 тыс. м³. Текущие потребности в условном топливе экономики страны составят 34 482 тыс. т у. т. (промышленности – 22 982 тыс. т у. т., транспорта – 5 200, строительства – 1 000, сельского хозяйства – 4 500, торговли – 200, прочих отраслей – 600 тыс. т у. т.). Для перевода условного топлива в натуральный вид следует использовать структуру потребления отдельных видов топлива и коэффициенты перевода условного топлива в натуральный вид, представленные в таблице 97.

Таблица 97 – Структура потребления отдельных видов топлива и коэффициенты перевода условного топлива в натуральный вид

Топливные ресурсы	Структура потребления, %	Коэффициенты перевода условного топлива в натуральное
Уголь	20	1,2
Нефтепродукты	30	0,7
Газ	25	0,9

Окончание таблицы 97

Топливные ресурсы	Структура потребления, %	Коэффициенты перевода условного топлива в натуральное
Торф	20	2,8
Дрова	5	3,5

Уголь в стране не добывается. Нефтепродуктами страна обеспечи-

вает себя на 15%, газом – на 3%. Топливо из страны не вывозится. Остатки условного топлива на начало года составят 8 103 тыс. т у. т., в том числе в натуральном выражении: угля – 1 945 тыс. т, нефтепродуктов – 1 702 тыс. т, газа – 1 823 млн м³, торфа – 4 538 тыс. т, дров – 1 418 тыс. м³.

Для справки: 1 кг условного топлива примерно эквивалентен 1 м³ газа.

Балансовый метод и создаваемые на его основе балансовые модели служат основным инструментом поддержания пропорций в народном хозяйстве. Балансовые модели строятся в виде матриц – таблиц чисел.

Принципиальная схема межотраслевого баланса (МОБ) производства и распределения совокупного общественного продукта в стоимостном выражении приведена в таблице 98. В основу этой схемы положено разделение совокупного продукта на две части: промежуточный и конечный продукт; все народное хозяйство представлено в виде совокупности n отраслей (имеются в виду чистые отрасли), при этом каждая отрасль фигурирует в балансе как производящая и потребляющая.

В таблице 98 использованы следующие обозначения:

- x_{ij} – стоимость средств производства, произведенных в i -й отрасли и потребленных в качестве материальных затрат в j -й отрасли;
- Y_i – конечная продукция i -й отрасли (под конечной продукцией понимается продукция, выходящая из сферы производства в область конечного использования (на потребление и накопление));
- Z_j – условно чистая продукция j -й отрасли (сумма амортизации, оплаты труда и чистого дохода j -й отрасли);
- $X_{i(j)}$ – валовой продукт $i(j)$ -й отрасли; $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Таблица 98 – Схема МОБ

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли					Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3	...	n		
1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1n}	Y_1	X_1
2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2n}	Y_2	X_2
3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	...	x_{3n}	Y_3	X_3

...
n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	...	x_{nm}	Y_n	X_n
Условно чистая продукция	Z_1	Z_2	Z_3	...	Z_n		
Валовая продукция	X_1	X_2	X_3	...	X_n		$\sum_{i=1}^n X_i = \sum_{j=1}^n X_j$

В схеме МОБ выделяют четыре крупные составные части, называемые квадрантами баланса. На схеме они обозначены жирными линиями.

На основании схемы МОБ имеем:

$$X_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} + Z_j, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (22)$$

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + Y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^n Z_j = \sum_{i=1}^n Y_i. \quad (24)$$

При производстве продукции различают:

- прямые материальные затраты (отражают количество средств производства, израсходованных непосредственно при изготовлении данной продукции);
- косвенные материальные затраты (относятся к предшествующим стадиям производства и входят в производство продукции не прямо, а через другие (промежуточные) средства производства);
- полные материальные затраты (включают в себя как прямые, так и косвенные материальные затраты всех порядков).

Коэффициент прямых материальных затрат

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (25)$$

показывает, какое количество продукции i -й отрасли необходимо, если учитывать только прямые затраты, для производства единицы продукции j -й отрасли.

Коэффициент полных материальных затрат b_{ij} показывает, какое

количество продукции i -й отрасли нужно произвести, чтобы с учетом прямых и косвенных затрат этой продукции получить единицу конечной продукции j -й отрасли.

Введем обозначения:

- $A = (a_{ij})$ – матрица коэффициентов прямых материальных затрат;
- $B = (b_{ij})$ – матрица коэффициентов полных материальных затрат;

- $X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$ – вектор-столбец валовой продукции;

- $Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix}$ – вектор-столбец конечной продукции.

Тогда имеем:

а) модель $X = AX + Y$, (26)

называемую экономико-математической моделью межотраслевого баланса (моделью Леонтьева, моделью «затраты – выпуск»);

б) равенство $B = (E - A)^{-1}$, (27)

где E – единичная матрица n -го порядка; $(E - A)^{-1}$ – матрица, обратная матрице $(E - A)$;

в) равенство $X = BY$. (28)

Отметим, следуя одному из методов обращения матриц: если определитель матрицы $(E - A)$ не равен нулю, то обратная к ней матрица существует и равна

$$(E - A)^{-1} = \frac{1}{|E - A|} \cdot \widetilde{(E - A)}, \quad (29)$$

где $|E - A|$ – определитель матрицы $(E - A)$;

$\widetilde{(E - A)}$ – матрица, присоединенная к матрице $(E - A)$, элементы которой представляют собой алгебраические дополнения для элементов транспонированной матрицы $(E - A)'$; алгебраическое дополнение для элемента с индексами i и j получается умножением множителя $(-1)^{i+j}$ на минор, получаемый после вычеркивания из матрицы i -й строки и j -го столбца.

Пример 26. Для трехотраслевой экономической системы заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат и вектор конечной продукции:

$$A = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,1 & 0,4 \\ 0,2 & 0,5 & 0,0 \\ 0,3 & 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}; \quad Y = \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 300 \end{pmatrix}.$$

Найдите матрицу коэффициентов полных материальных затрат и вектор валовой продукции, заполните схему межотраслевого материального баланса.

Решение

1. Определим матрицу коэффициентов полных материальных затрат:

• Находим матрицу $(E - A)$:

$$(E - A) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,3 & 0,1 & 0,4 \\ 0,2 & 0,5 & 0,0 \\ 0,3 & 0,1 & 0,2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,7 & -0,1 & -0,4 \\ -0,2 & 0,5 & 0,0 \\ -0,3 & -0,1 & 0,8 \end{pmatrix}.$$

• Вычисляем определитель этой матрицы:

$$|E - A| = \begin{vmatrix} 0,7 & -0,1 & -0,4 \\ -0,2 & 0,5 & 0,0 \\ -0,3 & -0,1 & 0,8 \end{vmatrix} = 0,196.$$

• Транспонируем матрицу $(E - A)$:

$$(E - A)' = \begin{pmatrix} 0,7 & -0,2 & -0,3 \\ -0,1 & 0,5 & -0,1 \\ -0,4 & 0,0 & 0,8 \end{pmatrix}.$$

• Находим алгебраические дополнения для элементов матрицы $(E - A)'$:

$$A_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 0,5 & -0,1 \\ 0,0 & 0,8 \end{vmatrix} = 0,40; \quad A_{12} = (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} -0,1 & -0,1 \\ -0,4 & 0,8 \end{vmatrix} = 0,12;$$

$$A_{13} = (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} -0,1 & 0,5 \\ -0,4 & 0,0 \end{vmatrix} = 0,20; \quad A_{21} = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} -0,2 & -0,3 \\ 0,0 & 0,8 \end{vmatrix} = 0,16;$$

$$A_{22} = (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 0,7 & -0,3 \\ -0,4 & 0,8 \end{vmatrix} = 0,44; \quad A_{23} = (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 0,7 & -0,2 \\ -0,4 & 0,0 \end{vmatrix} = 0,08;$$

$$A_{31} = (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} -0,2 & -0,3 \\ 0,5 & -0,1 \end{vmatrix} = 0,17; \quad A_{32} = (-1)^{3+2} \begin{vmatrix} 0,7 & -0,3 \\ -0,1 & -0,1 \end{vmatrix} = 0,10;$$

$$A_{33} = (-1)^{3+3} \begin{vmatrix} 0,7 & -0,2 \\ -0,1 & 0,5 \end{vmatrix} = 0,33.$$

Таким образом, присоединенная к матрице $(E - A)$ матрица имеет вид:

$$(\widetilde{E - A}) = \begin{pmatrix} 0,40 & 0,12 & 0,20 \\ 0,16 & 0,44 & 0,08 \\ 0,17 & 0,10 & 0,33 \end{pmatrix}.$$

• Используя формулы (27) и (29), находим матрицу коэффициентов полных материальных затрат:

$$B = (E - A)^{-1} = \frac{1}{|E - A|} \cdot (\widetilde{E - A}) = \frac{1}{0,196} \begin{pmatrix} 0,40 & 0,12 & 0,20 \\ 0,16 & 0,44 & 0,08 \\ 0,17 & 0,10 & 0,33 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 2,041 & 0,612 & 1,020 \\ 0,816 & 2,245 & 0,408 \\ 0,867 & 0,510 & 1,684 \end{pmatrix}.$$

2. Найдем величины валовой продукции трех отраслей (вектор X), используя формулу (28):

$$X = BY = \begin{pmatrix} 2,041 & 0,612 & 1,020 \\ 0,816 & 2,245 & 0,408 \\ 0,867 & 0,510 & 1,684 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 300 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 775,4 \\ 510,1 \\ 729,6 \end{pmatrix}.$$

3. Для определения элементов первого квадранта схемы МОБ воспользуемся формулой, вытекающей из формулы (25): $x_{ij} = a_{ij} X_j$. Из этой формулы следует, что для получения первого столбца первого квадранта нужно элементы первого столбца заданной матрицы A умножить на величину $X_1 = 775,4$; элементы второго столбца матрицы

A умножить на $X_2 = 510,1$; элементы третьего столбца матрицы A умножить на $X_3 = 729,6$.

Составляющие третьего квадранта (условно чистая продукция) находим с учетом формулы (22) как разность между объемами валовой продукции и суммами элементов соответствующих столбцов найденного первого квадранта.

Четвертый квадрант в данной задаче состоит из одного показателя и служит, в частности, для контроля правильности расчета: сумма элементов второго квадранта должна в стоимостном материальном балансе совпадать с суммой элементов третьего квадранта.

Все результаты расчетов представлены в таблице 99.

Таблица 99 – Схема межотраслевого материального баланса

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	232,6	51,0	291,8	200,0	775,4
2	155,1	255,1	0,0	100,0	510,1
3	232,6	51,0	145,9	300,0	729,6
Условно чистая продукция	155,1	153	291,9	600	
Валовая продукция	775,4	510,1	729,6		2 015,1

Незначительные нарушения в полученной схеме равенств (23) при $i = 2, 3$ вызваны погрешностями округления при вычислениях.

Задача 52. Для двухотраслевой экономической системы в таблице 100 приведены коэффициенты прямых материальных затрат, объемы конечной продукции в межотраслевом балансе.

Таблица 100 – Коэффициенты прямых материальных затрат, объемы конечной продукции

Отрасли	Коэффициенты прямых материальных затрат (a_{ij})		Конечная продукция
	1	2	
1	0,3	0,4	40
2	0,2	0,1	15

Найдите матрицу коэффициентов полных материальных затрат и

вектор валовой продукции, восстановите схему межотраслевого материального баланса.

Задача 53. Баланс для трех отраслей за отчетный период представлен в таблице 101.

Таблица 101 – Баланс трехотраслевой экономической системы за отчетный период

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция
	1	2	3	
1	50	40	20	60
2	30	10	80	100
3	60	40	10	120

Найдите:

- объемы производства валовой продукции в отчетном периоде;
- матрицу коэффициентов прямых материальных затрат;
- матрицу коэффициентов полных материальных затрат.

Определите объемы валовой продукции каждой из отраслей для планового периода при плане конечной продукции: $Y_1 = 80$, $Y_2 = 120$, $Y_3 = 150$.

Тема 2.3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В ПРОНОЗИРОВАНИИ

План

1. Статистические методы и их роль в социально-экономическом прогнозировании.
2. Временные ряды и их предварительный анализ.
3. Моделирование тенденции развития.
4. Прогнозирование сезонных колебаний.
5. Адаптивные методы прогнозирования.
6. Использование моделей ARIMA в экономических исследованиях.

Вопросы для самоподготовки

1. Статистические методы прогнозирования: области применения, возможности, условия успешного применения.

2. Простейшие приемы прогнозирования на основе показателей динамики временного ряда.
3. Компонентный состав временного ряда.
4. Модели временных рядов: аддитивная, мультипликативная, смешанного типа.
5. Проверка гипотезы о существовании неслучайной составляющей временного ряда.
6. Каковы основные этапы процедуры разработки прогноза с использованием кривых роста?
7. Группы моделей кривых роста, используемых при экономическом прогнозировании, области их применения.
8. Скользящие средние при моделировании тенденции развития: цель применения, виды, процедуры расчета.
9. Проверка адекватности моделей временного ряда.
10. Проверка точности моделей временного ряда.
11. Какие различают методы выделения сезонной компоненты временного ряда?
12. Алгоритм расчета оценок сезонности для случая аддитивной сезонности временного ряда.
13. Алгоритм расчета оценок сезонности для случая мультипликативной сезонности временного ряда.
14. Прогнозирование с помощью тренд-сезонных моделей.

Темы рефератов

1. Применение фиктивных переменных для моделирования сезонных колебаний.
 2. Адаптивные методы прогнозирования.
 3. Использование моделей ARIMA в экономических исследованиях.
- Л.:* [3]–[5], [7], [8], [13], [21], [32].

Методические рекомендации по решению задач

1. Простейшие приемы прогнозирования. Статистические методы прогнозирования опираются на анализ временных рядов.

Пусть информация об объекте прогнозирования представлена в виде временного ряда, состоящего из n уровней: y_1, y_2, \dots, y_n . На практике для количественной оценки динамики объекта прогнозирования широко применяют показатели, приведенные в таблице 102.

Таблица 102 – Показатели динамики временного ряда

Показатели Виды	Абсолютный прирост	Темп роста, %	Темп прироста, %
Цепной	$\Delta y_t^u = y_t - y_{t-1}$	$T_{pt}^u = \frac{y_t}{y_{t-1}} \cdot 100\%$	$T_{npt}^u = T_{pt}^u - 100\%$
Базисный	$\Delta y_t^{\bar{o}} = y_t - y_{\bar{o}}$	$T_{pt}^{\bar{o}} = \frac{y_t}{y_{\bar{o}}} \cdot 100\%$	$T_{npt}^{\bar{o}} = T_{pt}^{\bar{o}} - 100\%$
Средний	$\overline{\Delta y} = \frac{y_n - y_1}{n - 1}$	$\overline{T}_p = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \cdot 100\%$	$\overline{T}_{np} = \overline{T}_p - 100\%$

В таблице 102 использованы следующие обозначения:

- y_t – значение текущего уровня ряда;
- y_{t-1} – значение предыдущего уровня ряда;
- $t = 2, 3, \dots, n$;
- $y_{\bar{o}}$ – значение уровня ряда, принятого за базу сравнения (в качестве базы сравнения выбирается либо начальный уровень ряда, либо уровень, с которого начинается новый этап развития).

Пусть L – количество шагов вперед, дальность прогноза, \hat{y}_{n+L} – прогнозная оценка значения $(n+L)$ -го уровня временного ряда. Приемы прогнозирования, представленные в таблице 103, могут быть использованы как приближенные простейшие способы построения прогнозных оценок, предшествующие более глубокому количественному и качественному анализу.

Таблица 103 – Простейшие приемы прогнозирования

Используемый аналитический показатель	Формула для расчета прогноза	Условия применения
1. Средний абсолютный прирост ($\overline{\Delta y}$)	$\hat{y}_{n+L} = y_n + L \cdot \overline{\Delta y}$	Близость динамики показателя к линейному развитию. Незначительная вариация цепных абсолютных приростов

2. Средний темп роста (\bar{T}_p) (не в процентном выражении)	$\hat{y}_{n+L} = y_n \cdot \bar{T}_p^L$	Близость динамики к развитию по показательной (экспоненциальной) кривой. Незначительная вариация цепных темпов роста (прироста)
3. Средний темп прироста (\bar{T}_{np}) (не в процентном выражении)	$\hat{y}_{n+L} = y_n (1 + \bar{T}_{np})^L$	

Задача 54. По данным, приведенным в таблице 104, рассчитайте цепные абсолютные приросты, темпы роста, темпы прироста; базисные абсолютные приросты, темпы роста, темпы прироста; средние абсолютный прирост, темп роста, темп прироста.

В качестве базисного уровня возьмите начальный уровень ряда.

Таблица 104 – Динамика количества счетов вкладчиков сберегательного банка X (на начало года)

Показатели	Годы						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Номер года (t)	1	2	3	4	5	6	7
Количество счетов вкладчиков, тыс.	14,9	14,6	13,0	10,9	11,5	10,7	15,7

Задача 55. По данным, приведенным в таблице 105, выполните следующее:

- обоснуйте правомерность использования среднего абсолютного прироста для получения прогнозной оценки производства продукции A в 2013 г.;
- рассчитайте значение среднего абсолютного прироста и дайте его экономическую интерпретацию;
- определите прогнозное значение производства продукции A в 2013 г. с помощью среднего абсолютного прироста.

Таблица 105 – Динамика объема производства продукции A, млн т

Показатель	Годы				
	2007	2008	2009	2010	2011
Объем производства	26,0	28,5	32,4	35,3	37,7

Задача 56. Численность населения города в 1989 г. составила 9 34,1 тыс. чел., а в 1999 г. – 1 020,3 тыс. чел. Укажите, чему равен

среднегодовой темп роста численности населения в этот период. Определите, какова будет численность населения города в 2012 и 2015 гг., если темпы ее роста не изменятся. Рассчитайте, за сколько лет численность населения города может удвоиться, если темпы ее роста сохранятся.

Задача 57. Изменение ежеквартальной динамики процентной ставки банка происходило примерно с постоянным темпом роста в течение двух лет по кварталам. Процентная ставка банка в I квартале первого года равнялась 8,3%, а в III квартале второго года – 14%.

Рассчитайте прогноз процентной ставки банка в IV квартале второго года, используя средний темп роста.

Задача 58. Количество вкладов физических лиц в отделениях банка изменялось с примерно постоянным темпом роста в течении пяти лет. На начало первого года количество вкладов составило 7 875 денеж. ед., на начало пятого года – 10 104 денеж. ед. Рассчитайте прогноз количества вкладов физических лиц в исследуемых отделениях банка на начало шестого года, используя средний темп роста.

2. Прогнозирование с помощью тренд-сезонных моделей. Простейший подход к анализу структуры временного ряда, содержащего сезонные колебания, – расчет значений сезонной компоненты методом простой скользящей средней и построение аддитивной или мультипликативной моделей временного ряда.

Общий вид аддитивной модели следующий:

$$Y = T + S + E. \quad (30)$$

Эта модель предполагает, что каждый уровень временного ряда может быть представлен как сумма соответствующих значений трендовой T , сезонной S и случайной E компонент.

Общий вид мультипликативной модели выглядит так:

$$Y = T \cdot S \cdot E. \quad (31)$$

Данная модель предполагает, что каждый уровень временного ряда может быть представлен как произведение соответствующих значений трендовой T , сезонной S и случайной E компонент.

Анализ структуры сезонных колебаний временного ряда может помочь осуществить выбор одной из этих двух моделей:

- если амплитуда сезонных колебаний приблизительно постоянна, то целесообразно сделать выбор в пользу аддитивной модели, в кото-

рой значения сезонный компоненты предполагаются постоянными для различных циклов;

- если амплитуда сезонных колебаний возрастает или уменьшается, то целесообразно сделать выбор в пользу мультипликативной модели, которая ставит уровни ряда в зависимость от значений сезонной компоненты.

Построение аддитивной и мультипликативной моделей сводится к расчету значений T , S и E для каждого уровня ряда.

Процесс построения тренд-сезонной модели временного ряда (y_t) включает в себя следующие этапы:

Э т а п 1. Выравнивание исходного ряда методом простой скользящей средней и расчет уровней ряда (x_t), отражающих эффект сезонности и случайности.

Э т а п 2. Расчет оценок значений сезонной компоненты S :

- расчет предварительных оценок значений S ;

- расчет окончательных оценок значений S .

Э т а п 3. Расчет оценок значений трендовой компоненты T :

- десезонализация исходных данных, т. е. устранение сезонной компоненты из уровней ряда (y_t);

- построение уравнения тренда полученного десезонализированного ряда;

- расчет оценок значений T с использованием полученного уравнения тренда.

Э т а п 4. Расчет оценок значений случайной компоненты E .

Отметим, что при отсутствии сезонных колебаний в уровнях временного ряда все операции, связанные с сезонностью временного ряда в системе вышеприведенных этапов, опускаются. В итоге процесс построения трендовой модели временного ряда включает в себя:

1. Выравнивание исходного ряда методом простой скользящей средней.

2. Расчет оценок значений трендовой компоненты T :

- построение уравнения тренда исходного ряда;

- расчет оценок значений T с использованием полученного уравнения тренда.

3. Расчет оценок значений случайной компоненты E .

Проиллюстрируем реализацию вышеприведенных этапов построения аддитивной (пример 27) и мультипликативной (пример 28) тренд-сезонных моделей ряда и прогнозирование уровней исходного ряда на их основе.

Пример 27. В таблице 106 указан объем продаж за последние

11 кварталов. Постройте аддитивную модель вида (30) данного временного ряда (допустив наличие линейной тенденции) и на ее основе рассчитайте прогноз объема продаж на следующие два квартала. Округление проводите до трех цифр после запятой.

Таблица 106 – **Объем продаж (аддитивная модель), денеж. ед.**

Показатель	Кварталы										
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й
Объем продаж	4	6	4	5	10	8	7	9	12	14	15

Решение

Э т а п 1. Выравнивание исходного ряда методом простой скользящей средней и расчет уровней ряда (x_t) проведем в таблице 107.

Таблица 107 – **Реализация этапа 1 (аддитивная модель)**

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	Скользящая средняя (\bar{y}_t)	$x_t = y_t - \bar{y}_t$
1	2	3	4
1-й	4	–	–
2-й	6	–	–
3-й	4	5,5	–1,5
4-й	5	6,5	–1,5
5-й	10	7,125	2,875
6-й	8	8	0
7-й	7	8,75	–1,75
8-й	9	9,75	–0,75
9-й	12	11,5	0,5
10-й	14	–	–
11-й	15	–	–

Поясним последовательность вычислений. В гр. 3 таблицы 107 показаны результаты сглаживания исходного временного ряда с помощью скользящей средней в соответствии с формулой (13) при четной длине интервала сглаживания $\ell = 4$ (для ежемесячных данных $\ell = 12$, для ежеквартальных $\ell = 4$, для данных по дням недели $\ell = 7$ и т. д.).

Например:

$$\bar{y}_3 = \frac{\frac{1}{2} \cdot 4 + 6 + 4 + 5 + \frac{1}{2} \cdot 10}{4} = 5,5;$$

$$\bar{y}_4 = \frac{\frac{1}{2} \cdot 6 + 4 + 5 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 8}{4} = 6,5.$$

В гр. 4 таблицы 107 найдены уровни временного ряда (x_t), отражающие эффект сезонности и случайности, как разность между фактическими уровнями ряда (гр. 2) и соответствующими скользящими средними (гр. 3).

Э т а п 2. Используем полученные уровни временного ряда (x_t) для расчета предварительных оценок значений сезонной компоненты S (таблица 108). При заполнении таблицы 108 каждый уровень временного ряда (x_t) запишем под соответствующим номером квартала в году. Предварительные оценки сезонной компоненты найдем усреднением уровней временного ряда (x_t) для одноименных кварталов (по всем годам), $\bar{x}_i (i = 1, 2, 3, 4)$.

В моделях с сезонной компонентой обычно предполагается, что сезонные воздействия за период взаимопогашаются. В аддитивной модели это выражается в том, что сумма оценок значений сезонной компоненты по всем кварталам должна быть равна нулю.

Для данной модели имеем:

$$1,688 + 0 + (-1,625) + (-1,125) = -1,062.$$

Определим корректирующий коэффициент k :

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{\ell} \bar{x}_i}{\ell} = \frac{-1,062}{4} = -0,2655.$$

Рассчитаем окончательные оценки значений сезонной компоненты как разность между ее предварительной оценкой и корректирующим коэффициентом:

$$S_i = \bar{x}_i - k,$$

где $i = 1, 2, 3, 4$.

Так как у нас $k = -0,2655$ и округления проводим до трех цифр по-

сле запятой, то из нечетных $\bar{S}_i (i = 1, 3)$ вычтем число $(-0,266)$, а из четных $\bar{S}_i (i = 2, 4)$ – число $(-0,265)$.

Проверим условие равенства нулю суммы окончательных оценок значений сезонной компоненты:

$$1,954 + 0,265 + (-1,359) + (-0,86) = 0.$$

Таблица 108 – Расчет оценок значений сезонной компоненты в аддитивной модели

Годы	Кварталы в году (i)				
	1-й	2-й	3-й	4-й	
1-й	–	–	–1,5	–1,5	
2-й	2,875	0	–1,75	–0,75	
3-й	0,5	–	–	–	Сумма
Предварительная оценка значения сезонной компоненты для i-го квартала в году (\bar{x}_i)	1,688	0	–1,625	–1,125	–1,062
Окончательная оценка значения сезонной компоненты для i-го квартала в году (S_i)	1,954	0,265	–1,359	–0,86	0

Таким образом, получены следующие оценки значений сезонной компоненты:

- 1-й квартал: $S_1 = 1,954$;
- 2-й квартал: $S_2 = 0,265$;
- 3-й квартал: $S_3 = -1,359$;
- 4-й квартал: $S_4 = -0,86$.

Э т а п 3. Десезонализацию исходных данных проведем в таблице 109.

Таблица 109 – Десезонализация исходных данных в аддитивной модели

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	Оценка значения сезонной компоненты (S_i)	Десезонализированный объем продаж ($y_t^{(1)} = y_t - S_i = T + E$)
--------------	------------------------	---	--

1-й	4	1,954	2,046
2-й	6	0,265	5,735
3-й	4	-1,359	5,359
4-й	5	-0,86	5,86
5-й	10	1,954	8,046
6-й	8	0,265	7,735
7-й	7	-1,359	8,359
8-й	9	-0,86	9,86
9-й	12	1,954	10,046
10-й	14	0,265	13,735
11-й	15	-1,359	16,359

Выбор вида тренда полученного десеонализированного ряда можно провести на основе графического анализа ряда. В соответствии же с условием (см. условие примера) допускаем линейную зависимость десеонализированного объема продаж во времени: $\hat{y}_t^{(1)} = a + bt$.

Для нахождения оценок значений параметров a и b линейного тренда ряда ($\hat{y}_t^{(1)}$) составим соответствующую систему нормальных уравнений (см. таблицу 77). В таблице 110 представлены необходимые вспомогательные вычисления.

Таблица 110 – Данные для расчета оценок значений параметров тренда десеонализированного объема продаж (аддитивная модель)

Номер строки	t	$y_t^{(1)}$	t^2	$ty_t^{(1)}$
1	1	2,046	1	2,046
2	2	5,735	4	11,47
3	3	5,359	9	16,077
4	4	5,86	16	23,44
5	5	8,046	25	40,23
6	6	7,735	36	46,41
7	7	8,359	49	58,513

Окончание таблицы 110

Номер строки	t	$y_t^{(1)}$	t^2	$ty_t^{(1)}$
8	8	9,86	64	78,88

9	9	10,046	81	90,414
10	10	13,735	100	137,35
11	11	16,359	121	179,949
Сумма	66	93,14	506	684,779

Система нормальных уравнений относительно искомым оценок значений параметров a и b имеет вид (см. таблицу 77):

$$\begin{cases} 11a + 66b = 93,14, \\ 66a + 506b = 684,779. \end{cases}$$

В результате решения этой системы получаем: $a = 1,598, b = 1,145$.

Следовательно, уравнение тренда десеонализированного ряда $(y_t^{(1)})$ имеет вид:

$$\hat{y}_t^{(1)} = 1,598 + 1,145t. \quad (32)$$

Подставив в уравнение (32) значения $t = 1, 2, \dots, 11$, найдем оценки значений трендовой компоненты T (гр. 3 таблицы 111).

Э т а п 4. Оценки значений случайной компоненты E для аддитивной модели (30) определяем по следующей формуле:

$$E = Y - (T + S). \quad (33)$$

Численные оценки значений E приведены в гр. 6 таблицы 111.

Таким образом, окончательно получена полная декомпозиция исходного временного ряда (таблица 111).

Таблица 111 – Декомпозиция исходного временного ряда (аддитивная модель)

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	T	S	$\hat{y}_t = T + S$	$E = y_t - (T + S)$
1	2	3	4	5	6
1-й	4	2,743	1,954	4,697	-0,697
2-й	6	3,888	0,265	4,153	1,847
3-й	4	5,033	-1,359	3,674	0,326
4-й	5	6,178	-0,860	5,318	-0,318

Окончание таблицы 111

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	T	S	$\hat{y}_t = T + S$	$E = y_t - (T + S)$
------------------	------------------------	-----	-----	---------------------	---------------------

1	2	3	4	5	6
5-й	10	7,323	1,954	9,277	0,723
6-й	8	8,468	0,265	8,733	-0,733
7-й	7	9,613	-359	8,254	-1,254
8-й	9	10,758	-0,860	9,898	-0,898
9-й	12	11,903	1,954	13,857	-1,857
10-й	14	13,048	0,265	13,313	0,687
11-й	15	14,193	-1,359	12,834	2,166

Полную декомпозицию исходного временного ряда (таблица 111) можно использовать с целью обоснования прогноза на будущее по построенной аддитивной тренд-сезонной модели. В гр. 5 таблицы 111 приведены \hat{y}_t расчетные уровни ряда, полученные по аддитивной тренд-сезонной модели.

Рассчитаем прогноз объема продаж на следующие два квартала по построенной аддитивной тренд-сезонной модели: считая, что тенденция, выявленная по прошлым данным, сохранится в ближайшем будущем, подставляем номера соответствующих кварталов в формулу (32) и учитываем соответствующие оценки значений сезонной компоненты. Имеем:

- прогноз объема продаж в 12-м квартале:

$$\hat{y}_{12} = \hat{y}_{12}^{(1)} + S_4 = (1,598 + 1,145 \cdot 12) + (-0,86) = 14,478 \text{ денеж. ед.};$$

- прогноз объема продаж в 13-м квартале:

$$\hat{y}_{13} = \hat{y}_{13}^{(1)} + S_1 = (1,598 + 1,145 \cdot 13) + 1,954 = 18,437 \text{ денеж. ед.}$$

Задача 59. В таблице 112 указан объем продаж продукции *A* за последние 11 кварталов.

Постройте аддитивную модель вида (30) данного временного ряда (допустив наличие линейной тенденции) и на ее основе рассчитайте прогноз объема продаж на следующие два квартала. Округление проводите до трех цифр после запятой.

Таблица 112 – Объем продаж продукции *A*, денеж. ед.

Показатель	Кварталы										
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й

Объем продаж	4	5	5	6	9	9	8	10	11	13	16
--------------	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

Пример 28. В таблице 113 указан объем продаж за последние 11 кварталов. Постройте мультипликативную модель вида (31) данного временного ряда (допустив наличие линейной тенденции) и на ее основе рассчитайте прогноз объема продаж на следующие два квартала. Округление проводите до трех цифр после запятой.

Таблица 113 – Объем продаж (мультипликативная модель), денеж. ед.

Показатель	Кварталы										
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й
Объем продаж	63	74	79	120	67	79	88	130	69	82	90

Решение

Э т а п 1. Выравнивание исходного ряда методом простой скользящей средней и расчет уровней ряда (x_t) проведем в таблице 114.

Таблица 114 – Реализация этапа 1 (мультипликативная модель)

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	Скользящая средняя (\bar{y}_t)	$x_t = \frac{y_t}{\bar{y}_t}$
1	2	3	4
1-й	63	—	—
2-й	74	—	—
3-й	79	84,5	0,935
4-й	120	85,625	1,401
5-й	67	87,375	0,767
6-й	79	89,75	0,880
7-й	88	91,25	0,964
8-й	130	91,875	1,415
9-й	69	92,5	0,746
10-й	82	—	—
11-й	90	—	—

Поясним последовательность вычислений. В гр. 3 таблицы 114 показаны результаты сглаживания исходного временного ряда с помощью скользящей средней в соответствии с формулой (13) при четной длине интервала сглаживания $\ell = 4$.

В гр. 4 таблицы 114 найдены уровни временного ряда (x_t), отража-

ющие эффект сезонности и случайности, как частное от деления фактических уровней ряда (гр. 2) на соответствующие скользящие средние (гр. 3).

Э т а п 2. Используем полученные уровни временного ряда (x_t) для расчета предварительных оценок значений сезонной компоненты S (таблица 115). При заполнении таблицы 115 каждый уровень временного ряда (x_t) запишем под соответствующим номером квартала в году. Предварительные оценки сезонной компоненты найдем усреднением уровней временного ряда (x_t) для одноименных кварталов (по всем годам), $\bar{x}_i (i = 1, 2, 3, 4)$.

Взаимопогашаемость сезонных воздействий в мультипликативной модели выражается в том, что сумма оценок значений сезонной компоненты по всем кварталам должна быть равна числу периодов в цикле, т. е. четырем, так как в нашем случае число периодов одного цикла (год) равно четырем кварталам.

Так как $\sum_{i=1}^4 \bar{x}_i = 3,995$ (достаточно близка к четырем), то найденные предварительные оценки сезонности можно было бы оставить в неизменном виде, очевидно, что процедура корректировки приведет к их незначительному изменению. Но для реализации методического подхода в полном объеме проведем корректировку предварительных оценок сезонности \bar{x}_i .

Определим корректирующий коэффициент:

$$k = \frac{\ell}{\sum_{i=1}^{\ell} \bar{x}_i} = \frac{4}{3,995} = 1,001.$$

Рассчитаем окончательные оценки значений сезонной компоненты, умножив каждую ее предварительную оценку на корректирующий коэффициент k :

$$S_i = \bar{x}_i \cdot k,$$

где $i = 1, 2, 3, 4$.

Проверим условие равенства четырем суммы окончательных оценок значений сезонной компоненты:

$$0,758 + 0,881 + 0,951 + 1,409 = 3,999 \approx 4.$$

Приближенное равенство получено вследствие округления до трех цифр после запятой.

Таблица 115 – Расчет оценок значений сезонной компоненты в мультипликативной модели

Годы	Кварталы в году (<i>i</i>)				
	1-й	2-й	3-й	4-й	
1-й	–	–	0,935	1,401	
2-й	0,767	0,880	0,964	1,415	
3-й	0,746	–	–	–	Сумма
Предварительная оценка значения сезонной компоненты для <i>i</i> -го квартала в году (\bar{x}_i)	0,757	0,880	0,950	1,408	3,995
Окончательная оценка значения сезонной компоненты для <i>i</i> -го квартала в году (S_i)	0,758	0,881	0,951	1,409	4,00

Таким образом, получены следующие оценки значений сезонной компоненты:

- 1-й квартал: $S_1 = 0,758$;
- 2-й квартал: $S_2 = 0,881$;
- 3-й квартал: $S_3 = 0,951$;
- 4-й квартал: $S_4 = 1,409$.

Как показывают полученные оценки, в 1, 2 и 3-м кварталах года объем продаж снижается соответственно на 24,2, 11,9 и 4,9% от соответствующих трендовых значений. В 4-м квартале года объем продаж увеличивается на 40,9% от соответствующего трендового значения.

Э т а п 3. Десезонализацию исходных данных проведем в таблице 116.

Таблица 116 – Десезонализация исходных данных в мультипликативной модели

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	Оценка значения сезонной компоненты (S_t)	Десезонализированный объем продаж $(y_t^{(1)} = \frac{y_t}{S_t} = T \cdot E)$
1-й	63	0,758	83,113
2-й	74	0,881	83,995
3-й	79	0,951	83,070
4-й	120	1,409	85,167
5-й	67	0,758	88,391
6-й	79	0,881	89,671
7-й	88	0,951	92,534
8-й	130	1,409	92,264
9-й	69	0,758	91,029
10-й	82	0,881	93,076
11-й	90	0,951	94,637

Выбор вида тренда полученного десезонализированного ряда можно провести на основе графического анализа ряда. В соответствии же с условием (см. условие примера) допускаем линейную зависимость десезонализированного объема продаж во времени: $\hat{y}_t^{(1)} = a + bt$.

Для нахождения оценок значений параметров a и b линейного тренда ряда ($\hat{y}_t^{(1)}$) составим соответствующую систему нормальных уравнений (см. таблицу 77). В таблице 117 представлены необходимые вспомогательные вычисления.

Таблица 117 – Данные для расчета оценок значений параметров тренда десезонализированного объема продаж (мультипликативная модель)

Номер строки	t	$y_t^{(1)}$	t^2	$ty_t^{(1)}$
1	1	83,113	1	83,113
2	2	83,995	4	167,99
3	3	83,070	9	249,21
4	4	85,167	16	340,668
5	5	88,391	25	441,955

Окончание таблицы 117

Номер строки	t	$y_t^{(1)}$	t^2	$ty_t^{(1)}$
6	6	89,671	36	538,026
7	7	92,534	49	647,738
8	8	92,264	64	738,112
9	9	91,029	81	819,261
10	10	93,076	100	930,76
11	11	94,637	121	1041,007
Сумма	66	976,947	506	5997,84

Система нормальных уравнений относительно искомым оценкам значений параметров a и b имеет вид (см. таблицу 77):

$$\begin{cases} 11a + 66b = 976,947, \\ 66a + 506b = 5997,84. \end{cases}$$

В результате решения этой системы получаем: $a = 81,387$, $b = 1,238$.

Следовательно, уравнение тренда десеонализированного ряда $(y_t^{(1)})$ имеет вид:

$$\hat{y}_t^{(1)} = 81,387 + 1,238t. \quad (34)$$

Подставив в уравнение (34) значения $t = 1, 2, \dots, 11$, найдем оценки значений трендовой компоненты T (гр. 3 таблицы 118).

Э т а п 4. Оценки значений случайной компоненты E для мультипликативной модели (31) определяем по следующей формуле:

$$E = \frac{Y}{T \cdot S}. \quad (35)$$

Численные оценки значений E приведены в гр. 6 таблицы 118.

Таким образом, окончательно получена полная декомпозиция исходного временного ряда (таблица 118).

Таблица 118 – Декомпозиция исходного временного ряда
(мультипликативная модель)

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	T	S	$\hat{y}_t = T \cdot S$	$E = \frac{y_t}{T \cdot S}$
1	2	3	4	5	6
1-й	63	82,625	0,758	62,630	1,006

Окончание таблицы 118

Кварталы (t)	Объем продаж (y_t)	T	S	$\hat{y}_t = T \cdot S$	$E = \frac{y_t}{T \cdot S}$
1	2	3	4	5	6
2-й	74	83,863	0,881	73,883	1,002
3-й	79	85,101	0,951	80,931	0,976
4-й	120	86,339	1,409	121,652	0,986
5-й	67	87,577	0,758	66,383	1,009
6-й	79	88,815	0,881	78,246	1,010
7-й	88	90,053	0,951	85,640	1,028
8-й	130	91,291	1,409	128,629	1,011
9-й	69	92,529	0,758	70,137	0,984
10-й	82	93,767	0,881	82,609	0,993
11-й	90	95,005	0,951	90,350	0,996

Полную декомпозицию исходного временного ряда (таблица 118) можно использовать с целью обоснования прогноза на будущее по построенной мультипликативной тренд-сезонной модели. В гр. 5 таблицы 118 приведены \hat{y}_t расчетные уровни ряда, полученные по мультипликативной тренд-сезонной модели.

Рассчитаем прогноз объема продаж на следующие два квартала по построенной мультипликативной тренд-сезонной модели: считая, что тенденция, выявленная по прошлым данным, сохранится и в ближайшем будущем, подставляем номера соответствующих кварталов в формулу (34) и учитываем соответствующие оценки значений сезонной компоненты. Имеем:

- прогноз объема продаж в 12-м квартале:

$$\hat{y}_{12} = \hat{y}_{12}^{(1)} \cdot S_4 = (81,387 + 1,238 \cdot 12) \cdot 1,409 = 135,606 \text{ денеж. ед.};$$

- прогноз объема продаж в 13-м квартале:

$$\hat{y}_{13} = \hat{y}_{13}^{(1)} \cdot S_1 = (81,387 + 1,238 \cdot 13) \cdot 0,758 = 73,891 \text{ денеж. ед.}$$

Задача 60. В таблице 119 указан объем продаж продукции B за последние 11 кварталов.

Постройте мультипликативную модель вида (31) данного временного ряда (допустив наличие линейной тенденции) и на ее основе рассчитайте прогноз объема продаж на следующие два квартала. Округление проводите до трех цифр после запятой.

Таблица 119 – Объем продаж продукции B , денеж. ед.

Показатель	Кварталы										
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й
Объем продаж	64	75	81	110	66	77	91	120	68	78	92

Задача 61. Для временного ряда объема продаж безалкогольных напитков (в денеж. ед.) из задачи 36 выполните следующее:

- проведите графический анализ тенденции и структуры сезонных колебаний;
- на основе проведенного анализа осуществите выбор между аддитивной и мультипликативной моделями для данного ряда и постройте эту модель;
- на основе построенной модели рассчитайте прогноз объема продаж безалкогольных напитков (в денеж. ед.) на I и III кварталы 2013 г.

3. Проверка адекватности и точности моделей временного ряда. Вопрос о возможности применения построенной модели временного ряда в целях анализа и прогнозирования процесса может быть решен только после проверки ее адекватности, т. е. соответствия модели исследуемому процессу.

Проверку адекватности модели осуществляют на основе анализа временного ряда остатков (e_t) (оценок значений случайной компоненты E).

Временной ряд остатков должен представлять собой реализации значений случайной величины (1), имеющей нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и конечной дисперсией (2), и остатки не должны быть автокоррелированы (зависимы между собой) (3).

1 Для проверки случайности колебаний уровней ряда остатков (e_t) можно провести:

- Графический анализ ряда.
- Проверку статистической гипотезы о случайности ряда с помощью, например, критерия квадратов последовательных разностей (критерий Аббе), метода Фостера–Стюарта, метода проверки разностей средних уровней, критерия серий, основанного на медиане выборки, критерия «восходящих и нисходящих» серий и др.

2. Для проверки нормальности распределения остатков используют:

- Графический способ (например, построение гистограммы остатков с наложенной нормальной плотностью, позволяющей визуально оценить симметричность и близость к нормальному закону распределения).

- Критерии согласия Пирсона, Колмогорова–Смирнова, Шапиро–

Уилка и др.

Проверка на нормальность в случае малых выборок ($n < 50$) может быть выполнена приближенно с помощью выборочных коэффициентов асимметрии (A) и эксцесса (\mathfrak{E}):

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^3}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2\right)^3}}; \quad \mathfrak{E} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^4}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2\right)^3}} - 3.$$

Если одновременно выполняются следующие неравенства:

$$|A| < 1,5 \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}};$$

$$\left| \mathfrak{E} + \frac{6}{n+1} \right| < 1,5 \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}},$$

то гипотеза о нормальном характере распределения случайной компоненты не может быть отвергнута.

Если выполняется хотя бы одно из неравенств

$$|A| \geq 2 \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}};$$

$$\left| \mathfrak{E} + \frac{6}{n+1} \right| \geq 2 \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}},$$

то гипотеза о нормальном характере распределения отвергается.

3. Для тестирования на отсутствие в остатках автокорреляции используют:

- Графический анализ ряда (отсутствие зависимости между остатками скорее всего свидетельствует об отсутствии автокорреляции).
- Метод рядов.

Метод рядов достаточно прост: последовательно определяют знаки остатков e_t , $t = 1, 2, \dots, n$.

Ряд – непрерывная последовательность одинаковых знаков.

Длина ряда – количество знаков в ряду.

Если рядов слишком мало по сравнению с количеством уровней n

ряда (e_t), то вполне вероятна положительная автокорреляция. Если же рядов слишком много, то вероятна отрицательная автокорреляция.

Для более детального анализа предлагается следующая процедура. Пусть n – количество уровней ряда (e_t); N_1 – общее количество знаков «+»; N_2 – общее количество знаков «-»; K – количество рядов.

При $N_1 \leq 20$, $N_2 \leq 20$ применяют таблицы Д.1 и Д.2 критических значений количества рядов приложения Д: на пересечении строки N_1 и столбца N_2 определяют нижнее K_1 и верхнее K_2 значения при уровне значимости $\alpha = 0,05$; если $K_1 < K < K_2$, то говорят об отсутствии автокорреляции, если $K \leq K_1$, то – о положительной автокорреляции, если $K \geq K_2$, то – об отрицательной автокорреляции остатков при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Пример 29. Пусть последовательность знаков остатков e_t , $t = 1, 2, \dots, 20$, имеет вид:

(-----) (++++++) (---) (++++) (-).

Тогда $N_1 = 11$, $N_2 = 9$, $K = 5$. По таблицам приложения Д определяем $K_1 = 6$, $K_2 = 16$. Так как $K = 5 < 6 = K_1$, то принимается предположение о наличии положительной автокорреляции остатков при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

При $N_1 > 20$, $N_2 > 20$ процедуру проверки гипотезы об отсутствии автокорреляции можно провести, используя учебное пособие «Эконометрика» [7, с. 256].

- Статистику Бокса–Пирса или ее модификацию – Льюнга–Бокса [3, с. 33–38].

Для проверки на автокорреляцию первого порядка, т. е. на автокорреляцию между соседними уровнями ряда остатков, может быть использован широко известный критерий Дарбина–Уотсона [7, с. 257–259; 13, с. 61–69].

Важнейшим показателем качества модели является ее точность. О точности модели можно судить по величине ошибки прогноза.

Ошибка прогноза – величина, характеризующая расхождение между фактическим y_t и прогнозным \hat{y}_t значениями показателя.

В качестве ошибок единичного прогноза на практике используют следующие величины:

- $\Delta_t = \hat{y}_t - y_t$ (абсолютная ошибка прогноза);

- $\delta_t = \frac{\Delta_t}{y_t}$ (относительная ошибка прогноза).

При расчете обобщающих показателей точности модели используют следующие характеристики:

- $MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\Delta_t|$ (Mean Absolute Derivation);

- $MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\delta_t| \cdot 100\%$ (Mean Absolute Percentage Error);

- $SSE = \sum_{t=1}^n \Delta_t^2$ (Sum Square Error);

- $MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \Delta_t^2$ (Mean Square Error);

5) $S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \Delta_t^2}$ (средняя квадратическая ошибка).

Отметим, что:

1. Δ_t имеет ту же размерность, что и прогнозируемый показатель.
2. При расчете δ_t целесообразно пропускать значения исходного ряда, для которых $y_t = 0$.

3. Если абсолютная Δ_t и относительная δ_t ошибки больше нуля, то это свидетельствует о «завышенной» прогнозной оценке, если – меньше, то прогноз был занижен.

4. Использование MAD полезно в тех случаях, когда исследователю требуется получить оценку точности модели в тех же единицах, в которых измерены уровни исходного временного ряда.

5. $MAPE$ широко используют для сравнения точности прогнозов разнородных объектов прогнозирования. Например, с помощью этой характеристики можно сравнить точность прогнозных оценок, полученных с помощью одной и той же модели применительно к двум различным временным рядам, имеющим даже различные единицы измерения.

Для прогнозов высокой точности $MAPE < 10\%$, хорошей – $10\% < MAPE < 20\%$, удовлетворительной – $20\% < MAPE < 50\%$, неудовлетворительной – $MAPE > 50\%$.

6. SSE и MSE чаще всего используют при выборе оптимального

метода прогнозирования, при оптимальном выборе оценок значений параметров моделей.

7. *S* часто используют для проведения сравнительной оценки моделей, причем в расчетной формуле в знаменателе вместо *n* может стоять величина $(n - k)$, где *k* – число оцениваемых параметров модели.

Чем меньше значения всех рассмотренных характеристик, тем выше точность модели. О точности модели нельзя судить по одному значению ошибки прогноза, а можно лишь по совокупности сопоставлений прогнозных значений с фактическими.

В заключении отметим:

- чтобы судить о качестве построенной модели временного ряда, а следовательно, и качестве полученного прогноза, в дальнейшем необходимо проанализировать систему показателей, характеризующих как адекватность построенной модели, так и ее точность;

- не может быть чисто формальных подходов к выбору методов и моделей прогнозирования;

- успешное применение статистических методов прогнозирования на практике возможно лишь при сочетании знаний в области самих методов, глубокого знания объекта исследования, содержательного анализа изучаемого явления.

Пример 30. Проведите сравнительный анализ точности двух трендовых моделей временного ряда прибыли организации, представленного в таблице 85. Уравнения трендов данного временного ряда, соответствующие моделям, были получены и использованы для прогнозирования прибыли организации в ходе примера 18. Округление проводите до двух цифр после запятой.

Решение

Расчет оценок значений трендовой компоненты *T* для первой модели проведем с использованием уравнения линейного тренда

$$\hat{y}_t = 119,3 + 7,496t \text{ при } t = -7, -6, \dots, 6, 7$$

(при использовании $t = 1, 2, \dots, 15$, без переноса начала координат в середину временного ряда, уравнение линейного тренда имеет вид

$\hat{y}_t = 59,329 + 7,496t$), а для второй модели – с использованием уравнения параболического тренда

$$\hat{y}_t = 115,313 + 7,496t + 0,214t^2 \text{ при } t = -7, -6, \dots, 6, 7$$

(при использовании $t = 1, 2, \dots, 15$ уравнение параболического тренда имеет вид $\hat{y}_t = 69,012 + 4,079t + 0,214t^2$).

Вспомогательные вычисления для расчета характеристик точности трендовой модели с линейным трендом представлены в таблице 120, аналогичные вычисления для трендовой модели с параболическим трендом – в таблице 121.

Таблица 120 – Данные для расчета характеристик точности модели с линейным трендом

Номер строки	t	y_t	$\hat{y}_t = T$	Δ_t$	|\Delta_t|$	$\delta_t \cdot 100\%$	$|\delta_t| \cdot 100\%$	Δ_t^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-7	70,4	66,83	-3,57	3,57	-5,07	5,07	12,74
2	-6	78,3	74,32	-3,98	3,98	-5,08	5,08	15,84
3	-5	82	81,82	-0,18	0,18	-0,22	0,22	0,03
4	-4	88,5	89,32	0,82	0,82	0,93	0,93	0,67
5	-3	99,9	96,81	-3,09	3,09	-3,09	3,09	9,55
6	-2	105,2	104,31	-0,89	0,89	-0,85	0,85	0,79
7	-1	108,4	111,80	3,40	3,40	3,14	3,14	11,56
8	0	117,1	119,30	2,20	2,20	1,88	1,88	4,84
9	1	121,3	126,80	5,50	5,50	4,53	4,53	30,25
10	2	126,9	134,29	7,39	7,39	5,82	5,82	54,61
11	3	137,4	141,79	4,39	4,39	3,20	3,20	19,27
12	4	145,2	149,28	4,08	4,08	2,81	2,81	16,65
13	5	159,8	156,78	-3,02	3,02	-1,89	1,89	9,12
14	6	166,7	164,28	-2,42	2,42	-1,45	1,45	5,86
15	7	182,4	171,77	-10,63	10,63	-5,83	5,83	113,00
Сумма	–	–	–	–	55,56	–	45,79	304,78

Таблица 121 – Данные для расчета характеристик точности модели с параболическим трендом

Номер строки	t	y_t	$\hat{y}_t = T$	Δ_t$	|\Delta_t|$	$\delta_t \cdot 100\%$	$|\delta_t| \cdot 100\%$	Δ_t^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-7	70,4	73,33	2,93	2,93	4,16	4,16	8,58
2	-6	78,3	78,04	-0,26	0,26	-0,33	0,33	0,07
3	-5	82	83,18	1,18	1,18	1,44	1,44	1,39
4	-4	88,5	88,75	0,25	0,25	0,28	0,28	0,06
5	-3	99,9	94,75	-5,15	5,15	-5,16	5,16	26,52
6	-2	105,2	101,18	-4,02	4,02	-3,82	3,82	16,16

Окончание таблицы 121

Номер строки	t	y_t	$\hat{y}_t = T$	Δ_t$	|\Delta_t|$	$\delta_t \cdot 100\%$	$|\delta_t| \cdot 100\%$	Δ_t^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	-1	108,4	108,03	-0,37	0,37	-0,34	0,34	0,14
8	0	117,1	115,31	-1,79	1,79	-1,53	1,53	3,20
9	1	121,3	123,02	1,72	1,72	1,42	1,42	2,96
10	2	126,9	131,16	4,26	4,26	3,36	3,36	18,15
11	3	137,4	139,73	2,33	2,33	1,70	1,70	5,43
12	4	145,2	148,72	3,52	3,52	2,42	2,42	12,39
13	5	159,8	158,14	-1,66	1,66	-1,04	1,04	2,76
14	6	166,7	167,99	1,29	1,29	0,77	0,77	1,66
15	7	182,4	178,27	-4,13	4,13	-2,26	2,26	17,06
Сумма	-	-	-	-	34,86	-	30,03	116,53

Для модели с линейным трендом:

- $MAD = \frac{1}{15} \cdot 55,56 = 3,70$ денеж. ед.;
- $MAPE = \frac{1}{15} \cdot 45,79 = 3,05\%$;
- $SSE = 304,78$ денеж. ед².;
- $MSE = \frac{1}{15} \cdot 304,78 = 20,32$ денеж. ед².;
- $S = \sqrt{\frac{1}{15} \cdot 304,78} = 4,51$ денеж. ед.

Для модели с параболическим трендом:

- $MAD = \frac{1}{15} \cdot 34,86 = 2,32$ денеж. ед.;
- $MAPE = \frac{1}{15} \cdot 30,03 = 2,00\%$;
- $SSE = 116,53$ денеж. ед².;

- $MSE = \frac{1}{15} \cdot 116,53 = 7,77$ денеж. ед²;

- $S = \sqrt{\frac{1}{15} \cdot 116,53} = 2,79$ денеж. ед.

Модель с линейным трендом по всем характеристикам точности уступает модели с параболическим трендом, для которой в среднем расчетное значение отклонялось от фактического значения прибыли организации на 2,32 денеж. ед., или на 2%.

Задача 62. Проведите сравнительный анализ точности моделей, использованных в задаче 35 для прогнозирования объема валового сбора плодов и ягод. Округление проводите до двух цифр после запятой.

Задача 63. Проведите сравнительный анализ точности трех трендовых моделей временного ряда значения показателя *A*, представленного в условии задачи 45. Уравнения трендов данного временного ряда, соответствующие моделям, были получены и использованы вами для прогнозирования значения показателя *A* в ходе решения задачи 45. Округление проводите до двух цифр после запятой.

Задача 64. Проведите проверку адекватности и рассчитайте характеристики точности аддитивной тренд-сезонной модели, построенной в ходе примера 27.

Задача 65. Проведите проверку адекватности и рассчитайте характеристики точности мультипликативной тренд-сезонной модели, построенной в ходе примера 28.

Тема 2.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ

План

1. Организация прогнозирования и планирования, ее научные основы.
2. Системы органов прогнозирования и планирования.
3. Система прогнозирования и планирования на макроуровне.
4. Региональное прогнозирование и планирование.

Вопросы для самоподготовки

1. Что охватывает организация прогнозирования и планирования?
2. Что является научными основами организации прогнозирования и планирования?
3. Важнейшие принципы организации прогнозирования и планирования.
4. Органы прогнозирования и планирования на макроуровне, их задачи и функции.
5. Органы прогнозирования и планирования на мезоуровне, их задачи и функции.
6. Органы прогнозирования и планирования на микроуровне, их задачи и функции.
7. Составляющие системы государственных прогнозов и программ социально-экономического развития Республики Беларусь: цель разработки, этапы разработки, механизмы одобрения, утверждения, реализации.
8. Цель регионального прогнозирования и планирования.
9. Что включает в себя региональное планирование?
10. Основные показатели центрального раздела территориального плана-прогноза.
11. Из каких частей состоит региональный план-прогноз?
12. Что подразумевает система финансового выравнивания?
13. Какие методы применяются при прогнозировании и планировании развития регионов?
14. Что должно учитываться при составлении региональных планов-прогнозов?
15. Что представляют собой свободные экономические зоны (СЭЗ)?
16. Типы СЭЗ.
17. Что объединяет все СЭЗ?
18. Что предусматривают функциональные экономические зоны?
19. Какие условия и предпосылки необходимы для создания и успешного функционирования СЭЗ?
20. Какие льготы предусматриваются для инвесторов СЭЗ?
21. Формы управления СЭЗ.

Темы рефератов

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на 15 лет.
2. Основные направления социально-экономического развития Республики Беларусь на 10 лет.

3. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 5 лет.
4. Годовой прогноз социально-экономического развития Республики Беларусь.
5. Целевые государственные программы социально-экономического развития Республики Беларусь.
6. Планирование развития проблемных регионов Республики Беларусь.
7. Функционирование СЭЗ в зарубежных странах.
8. Свободные экономические зоны в Республике Беларусь: особенности функционирования (на конкретных примерах) и перспективы развития.

Л.: [1], [2], [5], [8], [12], [14], [16], [18], [22]–[24], [26]–[30].

РАЗДЕЛ 3. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ НА МАКРОУРОВНЕ

Тема 3.1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕМПОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА, СТРУКТУРЫ ЭКОНОМИКИ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТРАСЛЕЙ

План

1. Экономический рост. Макроэкономические показатели, характеризующие экономический рост.
2. Методы прогнозирования макроэкономических показателей.
3. Формирование структуры экономики.
4. Межотраслевой баланс в прогнозировании и планировании развития экономики и ее структуры.
5. Промышленные комплексы. Прогнозирование и планирование объема и структуры промышленного производства.
6. Агропромышленный комплекс. Прогнозирование и планирование развития агропромышленного комплекса и поставок сельскохозяйственной продукции для государственных нужд.
7. Строительный комплекс. Прогнозирование и планирование развития строительного комплекса.

Вопросы для самоподготовки

1. Что понимают под экономическим ростом? Из каких макроэкономических целей исходят при его прогнозировании и планировании?
2. Какие показатели используются для характеристики изменения экономического роста?
3. Что подразумевают экстенсивный и интенсивный типы экономического роста?
4. Какие факторы оказывают влияние на темпы и качество экономического роста? Какие факторы сдерживают экономический рост в Республике Беларусь?
5. Что является важнейшим источником экономического роста?
6. Какие основные макроэкономические показатели использовались в плановой экономике и применяются в настоящее время в системе национальных счетов?
7. В чем состоит отличие валового национального продукта (ВНП) от валового внутреннего продукта (ВВП)?
8. В чем сущность и отличие реального и номинального ВНП (ВВП)?
9. Что характеризуют дефлятор ВНП (ВВП), чистый национальный продукт, потенциальный ВНП, лаг ВНП?
10. Какие методы используются в мировой практике для прогнозирования ВНП (ВВП)?
11. Какие экономико-математические модели используются при прогнозировании ВНП (ВВП)?
12. В чем суть метода дефляции при прогнозировании ВВП? Какова методика его использования?
13. Как осуществляется прогнозирование ВВП согласно методике Международного валютного фонда (МВФ)?
14. Как осуществляется прогнозирование ВВП по производственному методу?
15. Как осуществляется прогнозирование ВВП по распределительному методу?
16. Как осуществляется прогнозирование ВВП при помощи метода конечного использования?
17. Что отражает структура экономики? Какие различают виды структур экономики исходя из различных классификационных признаков?
18. Какие стадии включает процесс структурного прогнозирования экономики? Что выполняется на первой, аналитической стадии? Что должно лежать в основе структурного прогнозирования экономики? Какие действия осуществляются на последующих стадиях структурного прогнозирования?

19. Какие модели МОБ используются при краткосрочном структурном прогнозировании, средне- и долгосрочном прогнозировании?
20. Какие методы планирования используются при разработке МОБ?
21. Промышленные комплексы, их особенности, проблемы, перспективы развития в Республике Беларусь.
22. Этапы формирования объема и структуры промышленного производства, их характеристика.
23. Особенности формирования структуры и объема производства на макро- и микроуровне.
24. Как осуществляется обоснование объемов промышленного производства производственными мощностями, сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами?
25. Цели, состав агропромышленного комплекса и его особенности.
26. Какие методы применяются при прогнозировании и планировании развития агропромышленного комплекса.
27. Как осуществляется прогнозирование объема производства продукции растениеводства?
28. Как осуществляется прогнозирование объема производства продукции животноводства?
29. Каков порядок формирования объема и ассортимента поставок сельскохозяйственной продукции для государственных нужд?
30. Роль и особенности функционирования строительного комплекса.
31. Методы прогнозирования на услуги строительства.

Темы рефератов

1. Валовой национальный продукт как основной показатель развития социально-экономической системы страны, его место в системе макроэкономических показателей и тенденции изменения в Республике Беларусь.
2. Прогнозирование и планирование объемов промышленного производства, его обоснование производственными мощностями.
3. Главная задача функционирования агропромышленного комплекса Республики Беларусь и ее решение. Прогнозирование и планирование развития агропромышленного комплекса.
4. Прогнозирование и планирование строительного комплекса.

Л.: [5], [12], [16], [18], [22]–[30].

Методические рекомендации по решению задач

Пример 31. Определите прогнозный ВВП в 2013 г. на основе его динамики по годам: 2008 г. – 9,1 трлн р., 2009 г. – 16,9, 2010 г. – 25,5, 2011 г. – 35,4, 2012 г. – 45,0 трлн р.

Решение

На основе графического представления данного временного ряда допускаем линейную зависимость ВВП во времени: $\hat{y}_t = a + bt$, где t – номер года.

Рассчитаем оценки значений параметров a и b . В таблице 122 представлены необходимые вспомогательные вычисления.

Таблица 122 – Данные для расчета оценок значений параметров a и b линейной зависимости ВВП во времени

Годы	Номер года (t)	ВВП (y_t)	t^2	ty_t
2008	1	9,1	1	9,1
2009	2	16,9	4	33,8
2010	3	25,5	9	76,5
2011	4	35,4	16	141,6
2012	5	45,0	25	225,0
Сумма	15	131,9	55	486,0

Система нормальных уравнений относительно искомых оценок значений параметров a и b имеет вид (см. таблицу 77):

$$\begin{cases} 5a + 15b = 131,9, \\ 15a + 55b = 486,0. \end{cases}$$

В результате решения этой системы получаем: $a = -0,71$, $b = 9,03$.

Следовательно, эмпирическая зависимость имеет вид: $\hat{y}_t = -0,71 + 9,03t$.

Прогнозное значение ВВП в 2013 г. (т. е. в 6-м году по порядку) будет равно: $\hat{y}_{6(2013)} = -0,71 + 9,03 \cdot 6 = 53,47$ трлн р.

Пример 32. В течение 2007–2012 гг. динамика объема ВВП и инвестиций характеризуется следующими данными: 2007 г. – 0,7 и 0,2 трлн р. соответственно, 2008 г. – 2,8 и 0,7, 2009 г. – 9,1 и 2,1, 2010 г. – 16,9 и 3,8, 2011 г. – 25,5 и 5,6, 2012 г. – 35,4 и 8,1 трлн р.

Предполагаемые инвестиции в 2013 г. – 10 трлн р. Спрогнозируйте объем ВВП в 2013 г.

Решение

Графический анализ свидетельствует о достаточно тесной линейной связи объема ВВП (y_i) и инвестиций (x_i): $\hat{y}_x = a + bx$.

Рассчитаем оценки значений параметров a и b . В таблице 123 представлены необходимые вспомогательные вычисления.

Таблица 123 – Данные для расчета оценок значений параметров a и b линейной зависимости объема ВВП от инвестиций

Годы	Номер года	x_i	y_i	x_i^2	$x_i \cdot y_i$
2007	1	0,2	0,7	0,04	0,14
2008	2	0,7	2,8	0,49	1,96
2009	3	2,1	9,1	4,41	19,11
2010	4	3,8	16,9	14,44	64,22
2011	5	5,6	25,5	31,36	142,8
2012	6	8,1	35,4	65,61	286,74
Сумма	–	20,5	90,4	116,35	514,97

Система нормальных уравнений относительного искомым оценок значений параметров a и b имеет вид:

$$\begin{cases} 6a + 20,5b = 90,4, \\ 20,5a + 116,35b = 514,97. \end{cases}$$

В результате решения этой системы получаем: $a = -0,139\ 8$, $b = 4,450\ 67$.

Следовательно, эмпирическая зависимость имеет вид:

$$\hat{y}_x = -0,139\ 8 + 4,450\ 67x.$$

При предполагаемых инвестициях прогнозное значение ВВП в 2013 г. равно:

$$\hat{y}_{10(2013)} = -0,1398 + 4,45067 \cdot 10 = 44,3669 \text{ трлн р.}$$

Пример 33. Рассчитайте реальный, номинальный ВВП и индекс цен (дефлятор) ВВП в прогнозном периоде. В базисном периоде ВВП составил 33 трлн р. Темпы его роста в прогнозном периоде составят

110%. Потребительские цены повысятся на 17%, оптовые – на 14, экспорта (импорта) – на 13%. Доля конечного потребления в ВВП прогнозируется на уровне 81%, инвестиций – 13, сальдо экспорта (импорта) – 6%.

Решение

Определим реальный ВВП в прогнозном периоде по следующей формуле:

$$ВВП_{pn} = ВВП_{\phi} \cdot I_{об}, \quad (36)$$

где $ВВП_{pn}$ – объем реального ВВП в прогнозном периоде;

$ВВП_{\phi}$ – объем ВВП в базисном периоде;

$I_{об}$ – темпы изменения объема ВВП в прогнозном периоде по сравнению с базисным.

Объем реального ВВП в прогнозном периоде составит:

$$33 \cdot \frac{110}{100} = 36,3 \text{ трлн р.}$$

Рассчитаем индекс цен (дефлятор) ВВП по формуле

$$I_{ц(д)ВВП} = I_{nc} \cdot dKП + I_{oc} \cdot dI + I_{цэ(и)} \cdot d(E - M), \quad (37)$$

где I_{nc} , I_{oc} , $I_{цэ(и)}$ – прогнозный индекс изменения соответственно потребительских, оптовых цен, цен экспорта (импорта);

$dKП$, dI , $d(E - M)$ – соответственно доля конечного потребления, инвестиций, сальдо экспорта (импорта) в ВВП в прогнозном периоде.

Индекс цен (дефлятор) ВВП составит:

$$117 \cdot 0,81 + 114 \cdot 0,13 + 113 \cdot 0,06 = 116,37\%.$$

Номинальный ВВП в прогнозном периоде рассчитывается следующим образом:

$$ВВП_{nn} = ВВП_{pn} \cdot I_{ц(д)ВВП}. \quad (38)$$

Номинальный ВВП в прогнозном периоде будет равен:

$$36,3 \cdot \frac{116,37}{100} = 42,24 \text{ трлн р.}$$

Пример 34. Определите произведенный ВВП в прогнозном периоде. В базисном периоде валовой выпуск продукции и услуг составил

73,5 трлн р., промежуточное потребление – 39 трлн р. В прогнозном периоде намечается повышение производительности труда на 4%, сокращение численности работников – на 2, уменьшение промежуточного потребления – на 1%. Цены на сырьевые, топливно-энергетические ресурсы и готовую продукцию, услуги повысятся на 16,5%.

Решение

Рассчитаем валовой выпуск (*ВВ*) продукции, услуг и промежуточное потребление (*ПП*) в прогнозном периоде с учетом изменения цен:

$$ВВ = 73,5 \cdot 1,04 \cdot 0,98 \cdot 1,165 = 87,27 \text{ трлн р.};$$

$$ПП = 39 \cdot 0,99 \cdot 1,165 = 44,98 \text{ трлн р.}$$

Определим произведенный ВВП в прогнозном периоде с учетом изменения цен путем вычета из прогнозного валового выпуска прогнозного промежуточного потребления:

$$ВВП = 87,27 - 44,98 = 42,29 \text{ трлн р.}$$

Пример 35. Рассчитайте ВВП в прогнозном периоде на основе данных по элементам его конечного использования. Потребительские расходы домашних хозяйств составят 25,7 трлн р., государственные расходы – 8,5, валовое накопление – 9,7, сальдо экспорта (импорта) товаров и услуг – (–1,7) трлн р.

Решение

Расчет ВВП в прогнозном периоде на основе данных по элементам его использования базируется на основополагающем уравнении Кейнса:

$$Y = C + G + I + (E - M), \quad (39)$$

где *Y* – объем товаров и услуг за вычетом промежуточного потребления;

C – внутреннее потребление в частном секторе;

G – государственные расходы;

I – инвестиции;

E – экспорт товаров и услуг;

M – импорт товаров и услуг.

ВВП в прогнозном периоде будет равен:

$$25,7 + 8,5 + 9,7 + (-1,7) = 42,2 \text{ трлн р.}$$

Пример 36. Определите материалоемкость валового выпуска в прогнозном периоде. Валовой выпуск товаров и услуг в базисном периоде составил 73,5 трлн р., промежуточное потребление – 39 трлн р. В прогнозном периоде предусматривается внедрение прогрессивных технологий, обеспечивающих снижение материальных затрат на 3%, увеличение валового выпуска на 5%. Цены на материальные ресурсы и готовую продукцию повысятся на 14%.

Решение

Материалоемкость в прогнозном периоде (Me_n) рассчитывается следующим образом:

$$Me_n = \frac{\text{Материальные затраты в прогнозном периоде}}{\text{Выпуск продукции в прогнозном периоде}}.$$

Материалоемкость в прогнозном периоде будет равна:

$$\frac{39 \cdot 0,97 \cdot 1,14}{73,5 \cdot 1,05 \cdot 1,14} = 0,49 \text{ р./р.}$$

Задача 66. На основе данных, приведенных в таблице 124, определите эмпирическую зависимость ВВП от объема инвестиций. Рассчитайте, на сколько процентов изменится ВВП в прогнозном периоде, если по сравнению с последним годом базисного периода величина инвестиции увеличится на 5%, уменьшится на 5%.

Таблица 124 – ВВП и объем инвестиций, трлн р.

Показатели	Годы				
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
ВВП	0,7	1,9	9,1	16,3	22,3
Инвестиции	0,1	0,4	1,8	3,3	4,4

Задача 67. На основе данных таблицы 125 рассчитайте реальный, номинальный ВВП и индекс цен (дефлятор) ВВП в прогнозном периоде, используя методику МВФ (метод дефляции).

Таблица 125 – Данные для расчета (метод дефляции)

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
ВВП, трлн р.	17,0	

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
Темпы роста объема производства продукции и услуг (ВВП), %		105,0
Структура ВВП:		
конечное потребление, %		76
инвестиции, %		23
Сальдо экспорта (импорта), %		1
Индекс потребительских цен, %		130
Индекс оптовых цен, %		125
Индекс цен экспорта (импорта), %		127

Задача 68. В базисном периоде ВВП составил 16,3 млн р. В прогнозном периоде предусматривается увеличение объема производства продукции и услуг на 5%. Индекс цен (дефлятор) ВВП прогнозируется на уровне 128%.

Определите реальный и номинальный ВВП.

Задача 69. Рассчитайте ВВП в прогнозном периоде производственным методом, определите изменение ВВП. В базисном периоде валовой выпуск продукции и услуг составил 35,3 трлн р., промежуточное потребление – 19,0 трлн р. В прогнозном периоде намечается увеличение валового выпуска на 5% и промежуточного потребления на 4,9%. Цены на сырьевые, топливно-энергетические ресурсы и готовую продукцию, услуги повысятся на 27%.

Задача 70. На основе данных таблицы 126 рассчитайте ВВП в прогнозном периоде, используя распределительный метод.

Таблица 126 – Данные для расчета (распределительный метод)

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
ВВП, трлн р.	17,0	
Структура ВВП:		
оплата труда и другие доходы, %	65,8	
прибыль, %	22,4	
амортизация, %	11,8	

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
Темпы роста доходов, %		130
Темпы роста прибыли, %		125
Темпы роста амортизации, %		120

Задача 71. Определите ВВП и его изменение в прогнозном периоде методом конечного использования. В базисном периоде конечное потребление составило 12,4 трлн р., инвестиции – 3,7, сальдо экспорта (импорта) – 0,2 трлн р. В прогнозном периоде с учетом роста цен предполагается увеличение конечного потребления на 32%, инвестиций – на 31, сальдо экспорта (импорта) – на 1%.

Задача 72. Определите материалоемкость валового выпуска в прогнозном периоде. Валовой выпуск товаров и услуг в базисном периоде равен 37 трлн р., произведенный ВВП – 17 трлн р. В прогнозном периоде предусматривается внедрение прогрессивных технологий, обеспечивающих снижение материальных затрат на 4%, увеличение валового выпуска на 6%. Цены на материальные ресурсы и готовую продукцию не изменятся.

Задача 73. Определите уровень производительности труда и темпы его роста в прогнозном периоде. ВВП базисного периода равен 17 трлн р. Темпы роста ВВП в прогнозном периоде – 105%, индекс цен (дефлятор) ВВП – 130%. Численность занятых в народном хозяйстве в базисном периоде – 4 470 тыс. чел. В прогнозном периоде предусматривается ее увеличение на 2%.

Пример 37. Определите объем промежуточного спроса (потребления) и валового выпуска по двум отраслям в прогнозном периоде. Отрасли связаны между собой межотраслевыми поставками. Конечный спрос по ним следующий: 1-я отрасль – 2 040 млрд р., 2-я отрасль – 7 426 млрд р. Коэффициенты полных затрат представлены в таблице 127.

Таблица 127 – Коэффициенты полных затрат по отраслям

Отрасли-производители	Коэффициенты полных затрат	
	Отрасли-потребители	
	1-я	2-я
1-я	1,439 39	0,146 84
2-я	0,038 60	1,210 76

Решение

Определим валовой выпуск по отраслям в прогнозном периоде:

- 1-я отрасль: $1,439\ 39 \cdot 2\ 040 + 0,146\ 84 \cdot 7\ 426 = 4\ 026,8$ млрд р.;
- 2-я отрасль: $0,038\ 60 \cdot 2\ 040 + 1,210\ 76 \cdot 7\ 426 = 9\ 069,8$ млрд р.

Рассчитаем промежуточное потребление по отраслям в прогнозном периоде:

- 1-я отрасль: $4\ 026,8 - 2\ 040 = 1\ 986,8$ млрд р.;
- 2-я отрасль: $9\ 069,8 - 7\ 426 = 1\ 643,8$ млрд р.

Пример 38. Определите потребность топливеемких отраслей промышленности в прогнозном периоде в условном и натуральном топливе. Норма расхода условного топлива на 1 кВт·ч электроэнергии – 0,4 кг, 1 т цемента – 300 кг. Коэффициенты перевода условного топлива в натуральный вид: угля – 1,2, нефтепродуктов – 0,7, газа – 0,9, торфа – 2,8, дров – 3,5. Производство электроэнергии в прогнозном периоде составит 25 000 млн кВт·ч, цемента – 5 000 тыс. т. Структура потребления отдельных видов топлива: угля – 20%, нефтепродуктов – 30, газа – 25, торфа – 20, дров – 5%.

Для справки: 1 кг условного топлива примерно эквивалентен 1 м^3 газа.

Решение

Рассчитаем потребность в условном топливе:

$$(0,4 \cdot 25\ 000\ 000\ 000) + (300 \cdot 5\ 000\ 000) = 11\ 500\ \text{тыс. т.}$$

Определим потребность в натуральном топливе по видам:

- уголь: $\left(11\ 500 \cdot \frac{20}{100}\right) 1,2 = 2\ 720$ тыс. т.;
- нефтепродукты: $\left(11\ 500 \cdot \frac{30}{100}\right) 0,7 = 2\ 415$ тыс. т.;
- газ: $\left(11\ 500 \cdot \frac{25}{100}\right) 0,9 = 2\ 587,5$ млн м^3 ;

- торф: $\left(11500 \cdot \frac{20}{100}\right) 2,8 = 6\,440$ тыс. т;
- дрова: $\left(11500 \cdot \frac{5}{100}\right) 3,5 = 2\,012,5$ тыс. т.

Задача 74. Три отрасли связаны между собой межотраслевыми поставками. Конечный спрос по ним следующий: 1-я отрасль – 331,0 млрд р., 2-я – 1 731,0, 3-я отрасль – 838,0 млрд р. Коэффициенты прямых и полных затрат представлены в таблицах 128 и 129 соответственно.

Таблица 128 – Коэффициенты прямых затрат

Отрасли-производители	Отрасли-потребители		
	1-я	2-я	3-я
1-я	0,278 56	0,048 71	0,136 25
2-я	0,016 06	0,163 00	0,037 56
3-я	0,087 49	0,023 71	0,025 44

Таблица 129 – Коэффициенты полных затрат

Отрасли-производители	Отрасли-потребители		
	1-я	2-я	3-я
1-я	1,439 39	0,146 84	0,229 31
2-я	0,038 60	1,210 76	0,050 98
3-я	0,137 80	0,059 25	1,054 53

Определите объем промежуточного спроса и валового выпуска по отраслям. Укажите, как и на сколько процентов они изменятся в следующих случаях:

- коэффициенты прямых и полных затрат уменьшатся на 10%;
- конечный спрос по 1-й отрасли увеличится на 5%, по 2-й – на 3, по 3-й отрасли – на 6%.

Задача 75. Спрогнозируйте объем производства кондитерских изделий на первый месяц планового года на основе данных таблицы 130.

Таблица 130 – Объем производства кондитерских изделий, тыс. т

Показатель	Месяцы						
	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й
Объем производства кондитерских изделий	12,4	12,8	13,2	13,0	13,5	14,0	14,2

Задача 76. Определите объем производства проката черных металлов в прогнозном периоде, если в базисном периоде норма расхода проката на 1 млрд р. промышленной продукции составила 65 т. В прогнозном периоде предполагается снижение нормы расхода проката на 5%. Прогнозируемый объем производства промышленной продукции – 21 700 млрд р.

Задача 77. Рассчитайте объем производства зерна в стране в прогнозном периоде по категориям хозяйств и общий валовой сбор зерна на основе данных, представленных в таблице 131.

Таблица 131 – Данные по производству зерна в стране

Показатели	Сельскохозяйственные предприятия	Хозяйства населения (включая фермерские)
Посевная площадь в базисном периоде, тыс. га	2 610	226
Урожайность в базисном периоде, ц/га	20,7	22,1
Темп роста урожайности в прогнозном периоде, %	110,0	115,0
Прирост посевных площадей в прогнозном периоде, %	5,0	2,0

Задача 78. Определите объем закупок (поставок) зерна в хозяйствах страны для государственных нужд в прогнозном периоде.

Потребности в зерне в прогнозном периоде составят: на семена – 960 тыс. т, продовольствие – 1 540, фураж – 3 800, промышленную переработку – 460, на прочие нужды – 10 тыс. т.

Импорт зерна прогнозируется в размере 1 000 тыс. т.

Для справки: валовой сбор зерна в прогнозном периоде предусматривается в размере 5 900 тыс. т.

Задача 79. Рассчитайте потребность в строительных материалах в прогнозном периоде.

Объем строительно-монтажных работ в прогнозном периоде предусматривается в размере 1 125 млрд р. Нормы расхода на 1 млрд р. строительно-монтажных работ следующие: цемента – 1,4 т, кирпича – 1 500 шт., проката – 0,4 т, древесины деловой – 2 м³, стекла – 2,2 м², шифера – 60 усл. плит.

Тема 3.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

План

1. Характеристика и особенности деятельности отраслей сферы обслуживания населения.
2. Прогнозирование и планирование торговли и общественного питания.
3. Прогнозирование и планирование деятельности жилищно-коммунального хозяйства и бытового обслуживания населения.
4. Прогнозирование и планирование системы образования и подготовки кадров.
5. Прогнозирование и планирование системы здравоохранения.
6. Прогнозирование и планирование в областях культуры и искусства.
7. Прогнозирование и планирование в областях физической культуры и спорта.
8. Прогнозирование и планирование туристического бизнеса.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие особенности присущи сфере услуг?
2. Что понимается под торговлей? Каковы ее функции?
3. Что включает и на чем специализируется общественное питание как вид (подотрасль) торговли?
4. Основные задачи торговли и общественного питания.
5. Какой орган управления проводит государственную политику в сфере торговли и общественного питания Республики Беларусь?
6. Специфические методы, применяемые при планировании торговли и общественного питания, их характеристика.
7. Что понимают под жилищной сферой, жилищно-коммунальным хозяйством?

8. Основные задачи Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь в области планирования.

9. Какие исходные данные должны учитываться при прогнозировании и планировании развития жилищного хозяйства?

10. Какие показатели рассчитываются при прогнозировании и планировании развития жилищного хозяйства?

11. С помощью каких методов прогнозируются и планируются показатели развития жилищного хозяйства?

12. Основной показатель деятельности организаций коммунального хозяйства.

13. Что понимают под бытовым обслуживанием?

14. Особенности бытового обслуживания как вида деятельности.

15. Наиболее широко применяемые методы в планировании развития бытового обслуживания.

16. По какому принципу разрабатывается план-прогноз бытового обслуживания населения?

17. Образование как процесс: понятие, виды.

18. Организация планирования образования в Республике Беларусь.

19. Методы, используемые при прогнозировании и планировании развития системы образования и подготовки кадров.

20. Здравоохранение как система: понятие, основные функции, составляющие.

21. Организация прогнозирования и планирования системы здравоохранения.

22. Какие методы используются при прогнозировании и планировании развития системы здравоохранения?

23. Что понимается под культурой в широком смысле? Что включает в себе культура в узком, отраслевом смысле?

24. Организация прогнозирования и планирования в областях культуры и искусства.

25. С использованием каких методов производятся прогнозные расчеты в областях культуры и искусства?

26. Физическая культура как часть общей культуры, основные показатели ее состояния.

27. Спорт в широком и узком смыслах.

28. Организация прогнозирования и планирования развития системы физической культуры и спорта в Республике Беларусь.

29. Целевые комплексные программы в области физической культуры и спорта, их характерные черты.

30. Разработка годовых планов развития физической культуры и спорта.

31. Что собой представляет туризм?
32. Основные индикаторы развития туризма в стране.
33. Организация прогнозирования и планирования развития туризма.
34. Методы, используемые при прогнозировании спроса в туризме.

Темы рефератов

1. Особенности деятельности отраслей сферы обслуживания населения в зарубежных странах.
2. Современное состояние отраслей сферы обслуживания Республики Беларусь и перспективы их развития.

Л.: [12], [22], [23], [26], [27], [30].

Методические рекомендации по решению задач

Пример 39. В базисном году в регионе проживало 2,5 млн чел. Для лечения в медицинские учреждения было госпитализировано 1,2% населения. Среднее количество койко-дней на одного больного – 14. Койки используются в году в среднем 336 дней.

В прогнозном году ожидается, что численность населения снизится на 2%, процент госпитализации увеличится на 12,5%, среднее количество койко-дней останется без изменений, использование койко-дней возрастет до 350 дней.

Определите количество больничных коек и изменение потребности в коечном фонде в прогнозном году.

Решение

Потребность в коечном фонде ($N_{кф}$) определяется по следующей формуле:

$$N_{кф} = \frac{Ч_n \cdot В_г \cdot Д_{ср}}{Д_г \cdot 100} = \frac{Ч_n \cdot В_г}{О_k \cdot 100}, \quad (40)$$

где $Ч_n$ – численность населения;

$В_г$ – процент госпитализации;

$Д_{ср}$ – среднее количество койко-дней на одного больного;

$Д_г$ – количество дней использования койки в году;

$О_k$ – оборот коек.

Оборот коек рассчитывается следующим образом:

$$\frac{D_{\text{г}}}{D_{\text{ср}}}. \quad (41)$$

Используя формулу (41), определим потребность в коечном фонде:

- в базисном году: $\frac{2\,500 \cdot 1,2 \cdot 14}{336 \cdot 100} = 1,25$ тыс. шт.;
- в прогнозном году: $\frac{2\,500 \cdot 0,98 \cdot 1,2 \cdot 1,125 \cdot 14}{350 \cdot 100} = 1,323$ тыс. шт.

Изменение потребности в коечном фонде в прогнозном периоде составит:

$$1,323 - 1,25 = 0,073 \text{ тыс. шт.}$$

Пример 40. В областном центре потребление населением воды составляет в среднем 310 л в сутки на одного жителя. Для жилищного городского фонда установлены индивидуальные счетчики, в соответствии с которыми фактическое потребление воды составляет 185 л.

Определите возможную экономию воды в течение года, если в городе проживает 480 тыс. чел.

Решение

Экономию воды можно определить следующим образом:

$$(310 - 185) 480 \cdot 365 = 21\,900 \text{ млн л.}$$

Задача 80. В базисном периоде численность населения равна 10 млн чел., было госпитализировано 0,5% населения, количество оборотов больничной койки в год составило 17.

Укажите, как изменится потребность в коечном фонде в прогнозном периоде, если численность населения уменьшится на 3%, процент госпитализации возрастет до 0,7, количество оборотов больничной койки в год сократится на 5%.

Задача 81. В базисном периоде выручка за организацию туризма составила 8 000 тыс. долл. США. Численность туристов, посетивших страну, – 90 тыс. чел.

Определите, как изменится выручка туристского комплекса в прогнозном периоде, если стоимость туристической путевки снизится на 5%, численность туристов увеличится на 10%.

Задача 82. Определите объем реализации бытовых услуг в прогнозном периоде.

В базисном периоде объем реализации бытовых услуг составил 190 млрд р., численность населения – 10 млн чел. Наблюдается существенная зависимость объема реализации бытовых услуг от денежных доходов населения и тарифов на услуги.

В прогнозном периоде численность населения сократится на 3%, денежные доходы населения возрастут на 40%, тарифы на бытовые услуги увеличатся на 30%.

Задача 83. Рассчитайте потребность в топливно-энергетических ресурсах по видам и условном топливе на жилищно-коммунальные нужды страны в прогнозном периоде и разработайте рекомендации по снижению энергоемкости в жилищно-коммунальном хозяйстве на основе данных, приведенных в таблице 132.

Таблица 132 – Использование топливно-энергетических ресурсов

Показатели	Город	Село
Удельный расход теплоты:		
на отопление жилищного фонда, Гкал/тыс. м ²	206,3	180,1
на отопление общественных зданий, Гкал/тыс. м ³	36,1	44,8
на санитарно-гигиенические нужды, Гкал/чел.	1,28	0,31
на пищеприготовление, кг усл. топлива/чел.	0,4	0,3
Удельный расход электроэнергии на освещение, кВт·ч/чел.	380	350
Жилищный фонд, тыс. м ²	99 800	87 500
Объем общественных зданий, тыс. м ³	145 000	35 000
Численность населения, тыс. чел.	6 700	3 300

Пересчет всех видов топливно-энергетических ресурсов в условное топливо осуществляется с учетом удельного расхода условного топлива на 1кВт·ч электроэнергии (400 г) и на 1 Гкал (170 кг).

Задача 84. Определите степень обеспеченности населения жильем и необходимый размер ввода в эксплуатацию жилой площади в прогнозном периоде на основе данных, представленных в таблице 133.

Таблица 133 – Обеспеченность населения жильем

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
Жилищный фонд на начало периода, млн м ²	96,0	
Выбытие жилищного фонда, %	1,0	

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
Численность населения, млн чел.	10,0	
Сокращение численности населения, %		3,0
Норма жилой площади, м ² /чел.		12,0

Задача 85. В базисном периоде себестоимость 1 м³ водоснабжения – 27,8 денеж. ед., тариф за 1 м³ воды для населения – 11,5 денеж. ед. В прогнозном периоде себестоимость 1 м³ водоснабжения увеличится на 10%, тариф повысится на 25%.

Определите уровень покрытия издержек водоснабжения населением.

Тема 3.3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ И ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

План

1. Трудовые ресурсы: понятие и состав. Характеристика трудовых ресурсов Республики Беларусь.
2. Прогнозирование трудовых ресурсов с использованием различных методов.
3. Прогнозирование численности занятых в реальном секторе экономики, количества безработных и уровня безработицы.
4. Методология разработки сводного баланса трудовых ресурсов.

Вопросы для самоподготовки

1. Определение понятия «трудовые ресурсы».
2. Состав трудовых ресурсов.
3. Границы трудоспособного возраста, установленные в Республике Беларусь. Существуют ли другие границы трудоспособного возраста в мировой практике?
4. Какие показатели используются для оценки состояния трудовых ресурсов?
5. Что является основой формирования трудовых ресурсов?
6. Этапы процесса прогнозирования трудовых ресурсов.

7. Какие частные прогнозы составляют в процессе прогнозирования трудовых ресурсов?

8. Как определяется (прогнозируется) перспективная численность населения? Приведите формулу ее расчета.

9. Как прогнозируется половозрастная структура населения?

10. Как определяется численность трудоспособного населения в трудоспособном возрасте?

11. Задачи прогнозов использования трудовых ресурсов.

12. Исходя из каких показателей прогнозируется потребность в трудовых ресурсах сферы материального производства?

13. Какие методы и модели используются при прогнозировании потребности в трудовых ресурсах сферы материального производства?

14. Как прогнозируется потребность в трудовых ресурсах непродовольственной сферы (здравоохранение, образование и др.)?

15. Какие балансы разрабатываются при прогнозировании и планировании трудовых ресурсов?

16. Какие методы используются при прогнозировании и планировании трудовых ресурсов?

17. С какой целью разрабатывается сводный баланс трудовых ресурсов? Каковы его содержание и последовательность разработки?

18. Характеристика безработицы как социально-экономического явления.

19. Какова методика определения количества безработных?

20. Как рассчитывается уровень безработицы?

21. Каким образом осуществляется планирование занятости?

22. Как осуществляется государственное регулирование занятости населения? Каковы его принципы?

23. Характеристика активных и пассивных методов государственного регулирования занятости.

Темы рефератов

1. Аналитическая характеристика трудовых ресурсов Республики Беларусь (с использованием статистических материалов). Проблема занятости.

2. Планирование сводного баланса трудовых ресурсов Республики Беларусь.

Л.: [12], [22]–[30], [32].

Методические рекомендации по решению задач

Пример 41. Составьте сводный баланс трудовых ресурсов на плановый год, а также определите количество безработных и уровень безработицы, используя нижеприведенные данные.

Согласно проведенным прогнозным расчетам ожидается численность трудоспособного населения в трудоспособном возрасте в размере 5 961 тыс. чел., работающих лиц старше трудоспособного возраста и подростков в возрасте до 16 лет – 270 тыс. чел.

Прогнозируется следующее распределение трудовых ресурсов:

1) по видам деятельности:

- учащиеся 16 лет и старше, обучающиеся с отрывом от производства, – 320 тыс. чел.;

- занятые в домашнем хозяйстве – 1 443 тыс. чел.;

- занятые в общественном производстве – 4 423 тыс. чел.;

2) по формам собственности:

- государственная – 2 252 тыс. чел.;

- частная – 2 105 тыс. чел.;

- иностранная – 66 тыс. чел.;

3) по отраслям экономики:

- промышленность – 1 167 тыс. чел.;

- сельское хозяйство – 438 тыс. чел.;

- строительство – 363 тыс. чел.;

- транспорт – 337 тыс. чел.;

- торговля и прочие отрасли материального производства – 655 тыс. чел.;

- здравоохранение, физическая культура и социальное обеспечение – 332 тыс. чел.;

- образование – 446 тыс. чел.;

- прочие отрасли – 685 тыс. чел.

Решение

Трудовые ресурсы в прогнозном периоде ($Ч_t$) определяют по формуле

$$Ч_t = Ч_{Tt} + Ч_{pt}, \quad (42)$$

где $Ч_{Tt}$ – численность трудоспособного населения в трудоспособном возрасте в t -м периоде;

$Ч_{pt}$ – численность работающих лиц старше трудоспособного возраста и подростков до 16 лет в t -м периоде.

Трудовые ресурсы в прогнозном периоде составят:

$$5\,961 + 270 = 6\,231 \text{ тыс. чел.}$$

Расчет количества безработных в определенном периоде ($Ч_{брт}$) осуществляют по следующей формуле:

$$Ч_{брт} = Ч_t - Ч_{нхт} - Ч_{yt} - Ч_{охт}, \quad (43)$$

где $Ч_{нхт}$ – численность занятых в общественном производстве;

$Ч_{yt}$ – численность учащихся 16 лет и старше, обучающихся с отрывом от производства в t -м периоде;

$Ч_{охт}$ – численность занятых в домашнем хозяйстве в t -м периоде.

Количество безработных составит:

$$6\,231 - 4\,423 - 320 - 1\,443 = 45 \text{ тыс. чел.}$$

Уровень безработицы в процентах к экономически активному населению ($У_{бр}$) равен:

$$У_{бр} = \frac{45}{4\,423 + 45} \cdot 100 = 1,01\%.$$

На основании приведенных расчетов составим сводный баланс трудовых ресурсов (таблица 134).

Таблица 134 – Сводный баланс трудовых ресурсов, тыс. чел.

Показатели	Плановый год
I. Трудовые ресурсы, всего	6 231
В том числе:	
трудоспособное население в трудоспособном возрасте	5 961
работающие лица старше трудоспособного возраста и подростки до 16 лет	270
II. Распределение трудовых ресурсов:	
1. По видам деятельности:	
учащиеся 16 лет и старше, обучающиеся с отрывом от производства	320
занятые в домашнем хозяйстве	1 443
занятые в общественном производстве	4 423
2. По сферам производства и отраслям народного хозяйства	
2.1. Отрасли материального производства, всего	2 960
В том числе:	
промышленность	1 167

Показатели	Плановый год
сельское хозяйство	438
строительство	363
транспорт и связь	337
торговля и прочие отрасли материального производства	655
2.2. Отрасли непроизводственной сферы, всего	1 463
В том числе:	
здравоохранение, физическая культура и социальное обеспечение	332
образование	446
прочие отрасли	685
3. По формам собственности, всего	4 423
В том числе:	
государственная	2 252
частная	2 105
иностранная	66
Численность безработных	45
Уровень безработицы	1,01

Пример 42. Определите численность занятых в промышленности, сельском хозяйстве и прочих отраслях экономики в прогнозном периоде, используя нижеприведенные данные.

Численность занятых в базисном периоде составила:

- в промышленности – 1 167 тыс. чел.;
- в сельском хозяйстве – 438 тыс. чел.;
- в строительстве – 363 тыс. чел.;
- в отраслях транспорта и связи – 337 тыс. чел.;
- в торговле и прочих отраслях материального производства – 655 тыс. чел.;
- в непроизводственных отраслях – 1 463 тыс. чел.

В прогнозном периоде темпы роста производства продукции промышленности составят 108,5%, сельского хозяйства – 110, строительства – 114%. Производительность труда в указанных отраслях повысится соответственно на 6, 12 и 10%. Численность занятых в отраслях транспорта и связи повысится на 3,2%, в торговле и прочих отраслях материального производства снизится на 3,5%, в непроизводственных отраслях увеличится на 1,8%.

Решение

Численность занятых в отраслях материального производства ($Ч_{M_t}$) определяют исходя из прогнозируемого объема производства и прогнозируемого уровня производительности труда по формуле

$$Ч_{M_t} = Ч_{M_0} \cdot \frac{Iq_t}{Inm_t}, \quad (44)$$

где $Ч_{M_0}$ – численность занятых в материальном производстве в базисном периоде;

Iq_t – индекс прогнозного объема производства в прогнозном периоде t ;

Inm_t – индекс прогнозного уровня производительности труда в прогнозном периоде t .

Рассчитаем следующие показатели:

1. Численность занятых в промышленности:

$$1\,167 \cdot \frac{1,085}{1,06} = 1\,194,5 \text{ тыс. чел.}$$

2. Численность занятых в сельском хозяйстве:

$$438 \cdot \frac{1,1}{1,12} = 430,2 \text{ тыс. чел.}$$

3. Численность занятых в строительстве:

$$363 \cdot \frac{1,14}{1,10} = 376,2 \text{ тыс. чел.}$$

4. Численность занятых в отраслях транспорта и связи:

$$337 \cdot 1,032 = 347,8 \text{ тыс. чел.}$$

5. Численность занятых в торговле и прочих отраслях материального производства:

$$655 \cdot 0,965 = 632,1 \text{ тыс. чел.}$$

6. Численность занятых в непроизводственных отраслях:

$$1\,463 \cdot 1,018 = 1\,489,3 \text{ тыс. чел.}$$

Всего будет занято в народном хозяйстве в прогнозном периоде:

$$1\,194,5 + 430,2 + 376,2 + 347,8 + 632,1 + 1\,489,3 = 4\,470,1 \text{ тыс. чел.}$$

Задача 86. В базисном периоде численность населения – 10 млн чел., рождаемость – 15 чел., смертность – 18 чел. на 1 000 чел. населения. В дальнейшем предполагается ежегодное увеличение рождаемости на 1% и снижение смертности на 2,1%.

Определите численность населения на конец 5-летнего прогнозного периода с учетом коэффициентов рождаемости и смертности.

Задача 87. Трудовые ресурсы в базисном периоде – 6 054 тыс. чел., в том числе трудоспособное население в трудоспособном возрасте – 95,3%, работающие лица старше трудоспособного возраста и подростки до 16 лет – 4,7%.

В прогнозном периоде численность трудоспособного населения в трудоспособном возрасте увеличится на 1%, количество работающих лиц старше трудоспособного возраста и подростков до 16 лет снизится на 4%.

Определите трудовые ресурсы и их изменение в прогнозном периоде.

Задача 88. Численность занятых в базисном периоде в промышленности – 1 210 тыс. чел., в сельском хозяйстве – 616, в строительстве – 338, в торговле, транспорте и связи – 720, в прочих отраслях материального производства – 186, в непроизводственных отраслях – 1 396 тыс. чел.

В прогнозном периоде темпы роста производства продукции промышленности составят 106%, сельского хозяйства – 104, строительства – 107%. Производительность труда в указанных отраслях повысится соответственно на 8, 3 и 6%. Численность занятых в торговле и других отраслях материального производства снизится на 6,5%, в непроизводственных отраслях увеличится на 2,5%.

Определите численность занятых в народном хозяйстве, производственной и непроизводственной сферах в прогнозном периоде.

Задача 89. Разработайте прогнозный сводный баланс трудовых ресурсов, определите количество безработных, уровень безработицы и занятости. Исходные данные представлены в таблице 135.

Таблица 135 – Данные для разработки сводного баланса трудовых ресурсов

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
Трудовые ресурсы, тыс. чел.	6 054	
В том числе:		
трудоспособное население в трудоспособном возрасте	5 770	5 710
работающие лица старшего возраста и подростки до 16 лет	284	285
Занятые в народном хозяйстве, тыс. чел.	4 466	
Занятые в домашнем хозяйстве, тыс. чел.	950	920
Учащиеся 16 лет и старше, обучающиеся с отрывом от производства, тыс. чел.	538	540
Темпы роста объема производства продукции и услуг в народном хозяйстве, %	100	105
Темпы роста производительности труда, %	100	110

Тема 3.4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ, УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА

План

1. Социальная политика Республики Беларусь. Показатели, характеризующие уровень жизни населения.
2. Социальные нормы и нормативы: методика формирования, экономический смысл и назначение.
3. Прогнозирование и регулирование оплаты труда.
4. Баланс денежных доходов и расходов населения, его содержание, роль и методика разработки.
5. Социальная инфраструктура. Прогнозирование и планирование развития социальной инфраструктуры.
6. Потребительский рынок, его состав и структура.
7. Методы прогнозирования спроса на товары народного потребления.
8. Прогнозирование покупательных фондов и товарных ресурсов.

Вопросы для самоподготовки

1. В чем сущность социальной политики? Каковы ее составные части?
2. Какие подсистемы выделяют в системе социальной защиты граждан?
3. Что представляет собой уровень жизни населения? Какие показатели его характеризуют?
4. Какой показатель уровня жизни населения используется для международных сравнений? Как он определяется?
5. Какие социальные нормативы характеризуют целевые установки социальных программ?
6. Что представляет собой минимальный потребительский бюджет? На основе чего он формируется?
7. Как определяется величина прожиточного минимума? Какова его роль?
8. Каковы экономический смысл и роль минимальной заработной платы?
9. Каким образом осуществляется прогнозирование оплаты труда?
10. Каким образом осуществляется регулирование оплаты труда?
11. Для чего разрабатывается баланс денежных доходов и расходов населения?
12. Каковы содержание и методика разработки баланса денежных доходов и расходов населения?
13. Что представляют собой реальные доходы населения? Какие факторы оказывают на них существенное влияние?
14. Какова методика определения реальных доходов населения в прогнозном периоде?
15. Рынок как экономическая категория товарного производства: определение, основные элементы.
16. Потребительский рынок: основная сфера обслуживания, признаки классификации его состава и структуры.
17. Специфические черты рынка продовольственных товаров.
18. Что отличает рынок непродовольственных товаров?
19. Что характерно для рынка товаров культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода?
20. Характеристика организованного рынка.
21. Что охватывает неорганизованный рынок?
22. Определение спроса, его виды.
23. Под влиянием каких факторов формируется спрос?
24. Характеристика форм удовлетворения спроса.

25. Что понимают под товарным предложением?
26. Факторы совокупного предложения.
27. Что характеризует эластичность спроса?
28. Что характеризует эластичность предложения?
29. Что понимают под ценой товара?
30. Как можно определить емкость рынка?
31. Что характеризует конъюнктура рынка?
32. Какие выделяют прогнозы спроса по времени упреждения?
33. Этапы процесса прогнозирования спроса.
34. Какая прогнозная информация необходима для осуществления прогнозных расчетов по спросу?
35. С помощью каких методов прогнозируется спрос?
36. Формула расчета и экономический смысл коэффициента эластичности спроса от формирующего его фактора.
37. Что характеризуют покупательные фонды?
38. Как подразделяются денежные доходы и расходы населения?
39. Каким образом рассчитывается общая потребность товаров?
40. С какой целью разрабатываются балансы предметов народного потребления?
41. Этапы формирования структуры товарооборота.
42. Меры государственного воздействия на спрос и предложение.
43. Что включает комплекс мер, способствующих развитию товарного рынка?

Темы рефератов

1. Социальная политика Республики Беларусь, ее отличительные особенности на современном этапе развития экономики.
2. Индекс человеческого развития как основной международный показатель уровня жизни населения.
3. Особенности потребительского рынка Республики Беларусь.

Л.: [12], [22]–[30].

Методические рекомендации по решению задач

Пример 43. Среднемесячная заработная плата в базисном периоде составила у работников отраслей материального производства в среднем 690 денеж. ед., непроеизводственной сферы – 720 денеж. ед. Численность занятых по сферам производства – соответственно 2 960 и 1 463 тыс. чел.

Определите фонд оплаты труда в прогнозном периоде и темп его изменения, если известно, что численность занятых возрастет на 1,5%, в структуре занятых численность работающих в отраслях материального производства возрастет на 0,3 процентного пункта, среднемесячная заработная плата возрастет в производственной сфере на 10%, в непроизводственной сфере – на 15%.

Решение

Определим следующие показатели:

1. Численность занятых в базисном периоде:

$$Ч_{\delta} = Ч_{M\delta} + Ч_{N\delta} = 2\,960 + 1\,463 = 4\,423 \text{ тыс. чел.}$$

2. Численность занятых в прогнозном периоде:

$$Ч_t = Ч_{\delta} \cdot Iч = 4\,423 \cdot 1,015 = 4\,489 \text{ тыс. чел.}$$

3. Численность и структуру занятых по сферам производства в базисном и прогнозном периодах (таблица 136).

Таблица 136 – Численность и структура занятых по сферам производства

Сферы производства	Периоды			
	базисный		прогнозный	
	численность занятых, тыс. чел.	удельный вес, %	численность занятых, тыс. чел.	удельный вес, %
Сфера материального производства	2 960	66,9	3 017	67,2
Непроизводственная сфера	1 463	33,1	1 472	32,8
Итого	4 423	100	4 489	100

4. Среднемесячную заработную плату в прогнозном периоде:

- в сфере материального производства: $690 \cdot 1,1 = 759$ денеж. ед.;
- в непроизводственной сфере: $720 \cdot 1,15 = 828$ денеж. ед.

5. Фонд заработной платы:

- в базисном периоде:

$$\Phi ЗП_{\delta} = 690 \cdot 2\,960 + 720 \cdot 1\,463 = 3\,095\,760 \text{ тыс. денеж. ед.};$$

- в прогнозном периоде:

$$\Phi ЗП_{np} = 759 \cdot 3\,017 + 828 \cdot 1\,472 = 3\,508\,719 \text{ тыс. денеж. ед.}$$

6. Темп изменения фонда заработной платы:

$$Tr = \frac{\Phi ЗП_{np}}{\Phi ЗП_{\phi}} \cdot 100 = \frac{3\,508\,719}{3\,095\,760} \cdot 100 = 113,3\% .$$

Фонд заработной платы в прогнозном периоде возрастет на 13,3%.

Пример 44. Составьте баланс денежных доходов и расходов населения, определите величину средств, направляемых на покупку товаров, на основе следующих данных:

- оплата труда работников, служащих, колхозников и других категорий – 33 902 млрд р.;
- обязательные платежи и добровольные взносы – 9 165 млрд р.;
- социальные трансферты – 11 769 млрд р.;
- доходы от собственности – 1 104 млрд р.;
- доходы от предпринимательской деятельности и другие доходы – 12 212 млрд р.;
- сбережения с учетом изменения задолженности населения по кредитам – 1 871 млрд р.;
- превышение доходов над расходами – 253 млрд р.;
- удельный вес средств, направляемых на покупку товаров, – 79%, на оплату услуг – 21%.

Решение

Составим баланс денежных доходов и расходов населения (таблица 137).

Таблица 137 – Баланс денежных доходов и расходов населения, млрд р.

Доходы	Сумма	Расходы и сбережения	Сумма
Оплата труда рабочих, служащих, колхозников и других категорий	33 902	Покупка товаров	
Социальные трансферты	11 769	Оплата услуг	
Доходы от собственности	1 104	Обязательные платежи и добровольные взносы	9 165
Доходы от предпринимательской деятельности и другие доходы	12 212	Накопление сбережений во вкладах и ценных бумагах, покупка валюты и другие расходы	1 871
Превышение расходов над доходами	–	Превышение доходов над расходами	253
Баланс	58 987	Баланс	58 987

Определим следующие показатели:

1. Расходы на покупку товаров и оплату услуг:

$$58987 - (9165 + 1871 + 253) = 47698 \text{ млрд р.}$$

2. Величину средств, направляемых на покупку товаров:

$$47698 \cdot 0,79 = 37681 \text{ млрд р.}$$

3. Величину средств, направляемых на оплату услуг:

$$47698 \cdot 0,21 = 10017 \text{ млрд р. или } 47698 - 37681 = 10017 \text{ млрд р.}$$

Пример 45. Номинальные денежные доходы населения в базисном периоде составили 59 трлн р., обязательные платежи и добровольные взносы – 9,2 трлн р., индекс потребительских цен – 112,1%, численность населения – 9,69 млн чел.

В прогнозном периоде ожидается, что индекс потребительских цен составит 114%, численность населения сократится на 0,4%, денежные доходы населения возрастут на 16%, обязательные платежи и взносы составят 10,3 трлн р.

Определите реальные денежные доходы на душу населения в прогнозном периоде и темп их изменения.

Решение

Реальные доходы – это величина номинальных доходов за вычетом платежей, взносов, скорректированная на индекс потребительских цен. Реальные доходы на душу населения ($Др$) рассчитывают по формуле

$$Др = \frac{Дн - Поб}{Чн \cdot ИПЦ}, \quad (45)$$

где $Дн$ – номинальные денежные доходы населения;

$Поб$ – обязательные платежи и добровольные взносы;

$Чн$ – численность населения;

$ИПЦ$ – индекс потребительских цен.

Рассчитаем следующие показатели:

1. Реальные доходы на душу населения:

• в базисном периоде:

$$Др_0 = \frac{59 - 9,2}{9,69 \cdot 1,121} = 4,58 \text{ млн р.};$$

- в прогнозном периоде:

$$Др_{np} = \frac{59 \cdot 1,16 - 10,3}{9,69 \cdot 0,996 \cdot 1,14} = 5,28 \text{ млн р.}$$

2. Темп изменения реальных доходов на душу населения:

$$T_{Др} = \frac{Др_{np}}{Др_б} \cdot 100 = \frac{5,28}{4,58} \cdot 100 = 115,3\%.$$

Реальные доходы на душу населения в прогнозном периоде возрастут на 15,3%.

Задача 90. Определите фонд оплаты труда в прогнозном периоде и его изменение.

Среднемесячная заработная плата рабочих, служащих, колхозников в базисном периоде – 130 денеж. ед., численность занятых в народном хозяйстве – 4 470 тыс. чел.

В прогнозном периоде среднемесячная заработная плата работников увеличится на 40%, численность занятых в народном хозяйстве снизится на 1,3%.

Задача 91. Доля оплаты труда в ВВП в базисном периоде составила 35%. ВВП – 17 трлн р.

В прогнозном периоде ВВП увеличится на 5,3 трлн р.

Определите сумму оплаты труда и ее изменение в прогнозном периоде, если доля амортизации в ВВП составит 27%, прибыли – 23, чистых налогов (за вычетом субсидий) – 12%.

Задача 92. На основе данных, представленных в таблице 138, составьте прогнозный баланс денежных доходов и расходов населения и определите сумму средств, направляемых на покупку товаров.

Таблица 138 – Данные для разработки баланса денежных доходов и расходов населения, трлн р.

Показатели	Сумма
Оплата труда всех категорий работников	8,1
Поступления от продажи продуктов сельского хозяйства	0,2
Социальные трансферты (пенсии, стипендии, пособия)	2,6
Доходы от собственности	0,3
Доходы от предпринимательской деятельности и другие доходы	3,0

Показатели	Сумма
Оплата услуг	1,4
Обязательные платежи и добровольные взносы	1,4
Покупка ценных бумаг, валюты и другие расходы	0,9

Задача 93. Определите реальные денежные доходы на душу населения и темпы их изменения в прогнозном периоде на основе данных, представленных в таблице 139.

Таблица 139 – Данные для расчета реальных денежных доходов на душу населения

Показатели	Периоды	
	базисный	прогнозный
Денежные доходы населения, трлн р.	11,2	
Обязательные платежи и добровольные взносы, трлн р.	1,05	1,4
Индекс потребительских цен, %	165	130
Численность населения, млн чел.	10,0	
Темпы роста денежных доходов населения, %		140
Изменение численности населения, %		–1

Пример 46. Определите емкость рынка республики в прогнозном периоде в денежном выражении. Производство потребительских товаров в стране составит 16 трлн р., остатки товаров на складах предприятий-производителей уменьшатся на 0,4 трлн р., запасы товаров в оптовой и розничной торговле увеличатся на 0,5 трлн р., экспорт составит 2,5 трлн р., импорт – 5,7 трлн р.

Решение

Емкость рынка (E_p) находят по формуле

$$E_p = Q_n + O_{np} + И - Э + C_n - Y_n - Э_k + И_k, \quad (46)$$

где Q_n – национальное производство данного товара в стране;

O_{np} – остаток товарных запасов на складах предприятий-изготовителей;

$И, Э$ – импорт, экспорт;

C_n, Y_n – снижение, увеличение запасов товаров у потребителей (продавцов) соответственно;

\mathcal{E}_k, I_k – косвенный (товар используется в другом изделии) экспорт и импорт соответственно.

Емкость республиканского потребительского рынка в прогнозном периоде составит:

$$16 + 0,4 - 0,5 - 2,5 + 5,7 = 19,1 \text{ трлн р.}$$

Пример 47. Спрогнозируйте спрос на мясо и мясопродукты на краткосрочный период (год) и долгосрочную перспективу. Рекомендуемая норма потребления мяса и мясопродуктов на одного человека в год составляет 82 кг, фактическое потребление в базисном году – 61 кг. Денежные доходы населения в прогнозном периоде, следующем за базисным, возрастут на 23%, индекс цен на мясо и мясопродукты составит 119%. Численность населения по прогнозу в краткосрочном периоде будет равна 9,83 млн чел., в перспективе снизится на 5%.

Решение

Определим расчетную норму потребления мяса и мясопродуктов в год:

$$61 \cdot \frac{123}{119} = 63 \text{ кг.}$$

Спрос на мясо и мясопродукты в краткосрочном периоде будет равен:

$$63 \cdot 9\,830\,000 = 619\,290 \text{ т.}$$

В долгосрочной перспективе спрос на мясо и мясопродукты в год составит:

$$82 \left(9\,830\,000 \cdot \frac{95}{100} \right) = 765\,757 \text{ т.}$$

Пример 48. Составьте прогноз продажи товара А при коэффициенте эластичности спроса от цены $(-1,13)$. В регионе возможен рост цены товара с 13 до 16 тыс. р. Фактический товарооборот составил в регионе за прошлый год 130 млн р.

Решение

Коэффициент эластичности спроса (K_s) от формирующего его фактора рассчитывают по формуле

$$K_9 = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_0} : \frac{X_1 - X_0}{X_0}, \quad (47)$$

где Y_1 – конечный уровень спроса за период;
 Y_0 – начальный уровень спроса;
 X_1 – конечное значение фактора за период;
 X_0 – начальное значение фактора.

Следовательно,

$$-1,13 = \frac{Y_1 - 130}{130} : \frac{16 - 13}{13},$$

откуда $Y_1 = 96,1$ млн р.

Пример 49. Определите потребление сыра в прогнозном периоде на одного человека. В базисном периоде потребление сыра на одного человека в год составило 47 кг, средняя цена 1 кг сыра – 14 000 денеж. ед. Эластичность спроса на сыр по цене равна $(-0,6)$. В прогнозном периоде предусматривается рост средней цены до 16 000 денеж. ед. Денежные доходы не изменятся.

Решение

Рассчитаем индекс средних цен на сыр в прогнозном периоде:

$$\frac{16\,000}{14\,000} \cdot 100 = 114\%.$$

Определим изменение потребления сыра в связи с ростом цен:

$$(-0,6) \cdot 14 = -8,4\%.$$

Потребление сыра в прогнозном периоде на одного человека в год составит:

$$47 - \left(47 \cdot \frac{8,4}{100} \right) = 47 - 3,95 = 43,1 \text{ кг.}$$

Пример 50. Определите покупательный фонд на основе прогнозного баланса денежных доходов и расходов населения. Денежные доходы населения в прогнозном периоде, включая оплату труда, поступления от продажи продуктов сельского хозяйства, социальные трансферты, доходы от собственности, прочие поступления, составят 33 710 млрд р.

Расходы на оплату услуг предусматриваются в размере 5 598 млрд р., обязательные платежи и добровольные взносы – 2 930, изменение задолженности по кредитам, прирост депозитов, приобретение ценных бумаг, покупка валюты – 5 739 млрд р.

Решение

Покупательный фонд рассчитывается следующим образом:

$$\text{Покупательный фонд} = (\text{Денежные доходы}) - \\ - (\text{Нетоварные расходы}) \pm (\text{Изменение сбережений в сбербанке} \\ \text{у населения, приобретение ценных бумаг, валюты}).$$

Покупательный фонд в прогнозном периоде составит:

$$33\,710 - 5\,598 - 2\,930 - 5\,739 = 19\,443 \text{ млрд р.}$$

Задача 94. Рассчитайте емкость национального рынка на основе данных таблицы 140.

Таблица 140 – Данные для расчета емкости национального рынка, трлн р.

Показатели	Значение показателя
Производство товаров в стране	8,6
Уменьшение остатков товаров на складах предприятий-производителей	0,6
Увеличение запасов товаров в оптовой и розничной торговле	0,8
Экспорт товаров	3,0
Импорт товаров	2,5

Задача 95. Рассчитайте спрос на мясо и мясопродукты в краткосрочном и долгосрочном периодах.

Рекомендуемая норма потребления мяса и мясопродуктов на одного человека в год – 82 кг. В базисном периоде фактическое потребление мяса и мясопродуктов на одного человека составило 60 кг, численность населения – 9,8 млн чел.

В прогнозном периоде, следующем за базисным, денежные доходы возрастут на 40%, индекс потребительских цен составит 13%. В долгосрочной перспективе численность населения уменьшится на 7%.

Задача 96. Составьте прогноз продажи товара А при коэффициенте эластичности спроса от цены (–1,1). В регионе возможен рост цены

товара с 24 до 30 денеж. ед. Фактический товарооборот товара составил в регионе за прошлый год 24 000 денеж. ед.

Задача 97. В базисном периоде потребление сыра на одного человека в год составило 48 кг, средняя цена 1 кг сыра – 4 200 денеж. ед. Эластичность спроса (потребления) по цене равна $(-0,6)$. В прогнозном периоде предусматривается рост цены до 4 800 денеж. ед.

Определите спрос на сыр и его изменение в прогнозном периоде.

Задача 98. Денежные доходы населения составили 11,2 трлн р., оплата услуг – 1,4, обязательные платежи – 1,4, сбережения, покупка ценных бумаг, валюты и другие расходы – 0,9, расходы на покупку товаров – 7,5 трлн р.

Укажите, как изменится покупательный фонд, если денежные доходы населения увеличатся на 40%, нетоварные расходы возрастут на 28%, расходы на покупку ценных бумаг, валюты, сбережения уменьшатся на 5%.

РАЗДЕЛ 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ НА МИКРОУРОВНЕ

Тема 4.1. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ НА МИКРОУРОВНЕ

План

1. Общая логика прогнозирования и планирования на микроуровне.
2. Прогнозирование и планирование на микроуровне объема продаж, инвестиций, рисков, производственной программы, потребности в персонале, средств на оплату труда, потребности в материально-технических ресурсах, издержек, финансов.

Вопросы для самоподготовки

1. В чем состоит общая логика прогнозирования и планирования на микроуровне?
2. Внешние факторы, оказывающие влияние на функционирование планового центра организации.
3. С чего начинается процесс прогнозирования-планирования в организации? Какие вопросы рассматриваются в первую очередь?

4. Цель прогнозирования-планирования продаж. Какие задачи решаются в ходе прогнозирования-планирования продаж?

5. Инвестиции: причины необходимости инвестиций; факторы, оказывающие влияние на планирование и принятие решений в области инвестиций.

6. Что принято называть хозяйственным риском?

7. Группы плановых решений в зависимости от источника хозяйственного риска.

8. Есть ли смысл страховать деятельность организации?

9. Что принято понимать под производственной программой организации?

10. Что определяет, на основе чего формируется, с какой целью и в каких формах составляется производственная программа?

11. Типовая последовательность формирования производственной программы.

12. Основные задачи, которые решаются в процессе планирования труда.

13. Составные части плана по труду и персоналу.

14. Какие расчеты производятся в процессе планирования потребности в персонале?

15. Цель планирования средств на оплату труда.

16. Задачи, решаемые в процессе достижения цели планирования средств на оплату труда.

17. Цель планирования материально-технического обеспечения организации.

18. Основные задачи плана материально-технического обеспечения.

19. План материально-технического обеспечения: исходные данные для разработки, формы и этапы составления.

20. Цель планирования издержек.

21. Какие задачи должны быть решены при разработке плана по издержкам и себестоимости?

22. Из каких разделов состоит план по издержкам организации?

23. Финансовый план, формы его составления. Основная цель финансового планирования.

24. Какие задачи решаются в процессе финансового планирования?

25. Этапы составления финансового плана.

Темы рефератов

1. Прогностический анализ исходной экономической ситуации: примеры решения конкретных типовых задач, встречающихся в хозяйственной практике организации.

2. Трудовые ресурсы: примеры решения конкретных типовых задач, встречающихся в хозяйственной практике организации.

3. Инвестиции и управление проектами: примеры решения конкретных типовых задач, встречающихся в хозяйственной практике организации.

4. Оценка эффективности: примеры решения конкретных типовых задач, встречающихся в хозяйственной практике организации.

5. Финансы организации: примеры решения конкретных типовых задач, встречающихся в хозяйственной практике организации.

Л.: [5], [9], [10], [15], [19], [20], [23], [27].

Тема 4.2. ВИДЫ ПЛАНОВ НА МИКРОУРОВНЕ

План

1. Система планирования на микроуровне.
2. Стратегическое планирование.
3. Тактическое планирование.
4. Текущее (годовое) планирование.
5. Оперативно-календарное планирование.
6. Бизнес-планирование. Методология разработки бизнес-планов.

Вопросы для самоподготовки

1. Система планирования на микроуровне.
2. Стратегическое планирование: его задачи, содержание.
3. Этапы стратегического планирования, их характеристика.
4. Тактическое планирование: его задачи, содержание.
5. Текущее (годовое) планирование.
6. Оперативно-календарное планирование.
7. Необходимость возникновения и назначение бизнес-плана.
8. Какие методы используются при составлении бизнес-плана?
9. Какова структура бизнес-плана?
10. Какие важнейшие требования предъявляются к экспертизе бизнес-плана?

Темы рефератов

1. Опыт прогнозирования и планирования социально-экономического развития на микроуровне за рубежом.

2. Бизнес-план, его отличительные черты и направления применения.
3. Составление бизнес-плана (на примере отечественного опыта).
4. Составление бизнес-плана (на примере зарубежного опыта).

Л.: [5], [9], [15], [19], [20], [23], [27], [31], [33].

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Конституция** Республики Беларусь (с изм. и доп.) : принята на респ. референдуме 24 нояб. 1996 г. и 17 окт. 2004 г. : офиц. текст. – Минск : Амалфея, 2007. – 48 с.

2. **О государственном** прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь : Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 153-З // Нац. экон. газ. – 1998. – № 22. – С. 23. – (Прил. «Информбанк»).

3. **Арженовский, С. В.** Методы социально-экономического прогнозирования / С. В. Арженовский. – М. : Дашков и К^о ; Ростов н/Д : Наука-Спектр, 2009. – 236 с.

4. **Афанасьев, В. Н.** Анализ временных рядов и прогнозирование : учеб. / В. Н. Афанасьев, М. М. Юзбашев. – М. : Финансы и статистика, 2001. – 228 с.

5. **Басовский, Л. Е.** Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учеб. пособие / Л. Е. Басовский. – М. : ИНФРА-М, 2011. – 260 с.

6. **Бешелев, С. Д.** Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.

7. **Бородич, С. А.** Эконометрика : учеб. пособие / С. А. Бородич. – 3-е изд., стер. – Минск : Новое знание, 2006. – 408 с.

8. **Бутакова, М. М.** Экономическое прогнозирование: методы и приемы практических расчетов : учеб. пособие / М. М. Бутакова. – 2-е изд., испр. – М. : КНОРУС, 2010. – 168 с.

9. **Владимирова, Л. П.** Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учеб. пособие для вузов / Л. П. Владимирова. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Дашков и К^о, 2006. – 400 с.

10. **Герасенко, В. П.** Прогнозирование и планирование экономики / В. П. Герасенко. – Минск : Новое знание, 2001. – 192 с.

11. **Герасенко, В. П.** Прогностические методы управления рыночной экономикой : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В. П. Герасенко. – Гомель : Альтаир, 1997. – 320 с.

12. **Государственное** регулирование экономики : учеб. / под ред. Н. Б. Антонова. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2002. – 775 с.

13. **Дуброва, Т. А.** Прогнозирование социально-экономических процессов : учеб. пособие / Т. А. Дуброва. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Маркет ДС, 2010. – 192 с.

14. **Егоров, В. В.** Прогнозирование национальной экономики : учеб. пособие / В. В. Егоров, Г. А. Парсаданов. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 184 с.

15. **Ильин, А. И.** Планирование на предприятии : учеб. пособие / А. И. Ильин. – 7-е изд., испр. и доп. – Минск : Новое знание, 2006. – 668 с.

16. **Кузык, Б. Н.** Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование : учеб. для вузов / Б. Н. Кузык, В. Н. Кушлин, Ю. В. Яковец. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Экономика, 2008. – 575 с.

17. **Лавриненко, В. Н.** Исследование социально-экономических и политических процессов : учеб. пособие / В. Н. Лавриненко, Л. М. Путилова. – М. : Вузов. учеб., 2007. – 184 с.

18. **Личко, К. П.** Прогнозирование и планирование развития агропромышленного комплекса : учеб. пособие для вузов / К. П. Личко. – М. : КолоС, 2007. – 286 с.

19. **Максименко, Н. В.** Внутрифирменное планирование : учеб. пособие / Н. В. Максименко. – Минск : Выш. шк., 2008. – 398 с.

20. **Моррелл, Дж.** Как делать прогнозы в бизнесе: руководство для предпринимателей / Дж. Моррелл. – М. : НРРО, 2004. – 283 с.

21. **Писарева, О. М.** Методы прогнозирования развития социально-экономических систем : учеб. пособие для вузов / О. М. Писарева. – М. : Высш. шк., 2007. – 591 с.

22. **Планирование** и прогнозирование социально-экономических процессов : курс лекций / А. О. Тихонов [и др.]. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2009. – 121 с.

23. **Планирование** национальной экономики, отраслей и регионов, предприятий : справ. пособие / В. И. Борисевич [и др.] ; под ред. В. И. Борисевича. – Минск : Современ. шк., 2008. – 576 с.

24. **Прогнозирование** и планирование экономики : пособие / авт.-сост. : Т. В. Жукова, Л. М. Соколова, Е. В. Симончик. – Гомель : Бел. торгово-экон. ун-т потребит. кооп., 2009. – 148 с.

25. **Прогнозирование** и планирование экономики : практикум / авт.-сост. : Л. М. Соколова, Т. В. Жукова, Н. Г. Афанасенкова. – Гомель : Бел. торгово-экон. ун-т потребит. кооп., 2005. – 84 с.

26. **Прогнозирование** и планирование экономики: практикум : учеб. пособие / В. И. Борисевич [и др.] ; под ред. Г. А. Кандауровой. – 4-е изд., испр. – Минск : Экоперспектива, 2008. – 152 с.

27. **Прогнозирование** и планирование экономики : учеб. / Г. А. Кандаурова [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Кандауровой, В. И. Борисевича. – Минск : Современ. шк., 2005. – 476 с.

28. **Прогнозирование** и планирование экономики : учеб.-практ. пособие / В. И. Борисевич [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Кандауровой. – 2-е изд., испр. – Минск : БГЭУ, 2005. – 184 с.

29. **Прогнозирование** социально-экономического развития Республики Беларусь: вопросы теории и методики / под общ. ред. В. Н. Шимова, Я. М. Александровича, А. В. Богдановича. – Минск : НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2001. – 336 с.

30. **Райзберг, Б. А.** Государственное управление экономическими и социальными процессами : учеб. пособие / Б. А. Райзберг. – М. : ИНФРА-М, 2006. – 384 с.

31. **Сборник** бизнес-планов. Методика и примеры: предпринимательская деятельность, экономическое обоснование инженерных решений в курсовом, дипломном проектировании, диссертационных работах : учеб. и науч.-практ. пособие / под ред. Л. В. Мясоедовой. – М. : МарТ ; Ростов н/Д : МарТ, 2008. – 408 с.

32. **Федосеев, В. В.** Экономико-математические модели и прогнозирование рынка труда : учеб. пособие / В. В. Федосеев. – М. : Вузов. учеб., 2005. – 144 с.

33. **Черняк, В. З.** Бизнес-планирование : учеб.-практ. пособие / В. З. Черняк, А. В. Черняк, И. В. Довдиенко. – М. : Изд-во РДЛ, 2004. – 272 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица значений функции Лапласа

Таблица А.1 – Значения функции $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,000 0	0,24	0,094 8	0,48	0,184 4	0,72	0,264 2
0,01	0,004 0	0,25	0,098 7	0,49	0,187 9	0,73	0,267 3
0,02	0,008 0	0,26	0,102 6	0,50	0,191 5	0,74	0,270 3
0,03	0,012 0	0,27	0,106 4	0,51	0,195 0	0,75	0,273 4
0,04	0,016 0	0,28	0,110 3	0,52	0,198 5	0,76	0,276 4
0,05	0,019 9	0,29	0,114 1	0,53	0,201 9	0,77	0,279 4
0,06	0,023 9	0,30	0,117 9	0,54	0,205 4	0,78	0,282 3
0,07	0,027 9	0,31	0,121 7	0,55	0,208 8	0,79	0,285 2
0,08	0,031 9	0,32	0,125 5	0,56	0,212 3	0,80	0,288 1
0,09	0,035 9	0,33	0,129 3	0,57	0,215 7	0,81	0,291 0
0,10	0,039 8	0,34	0,133 1	0,58	0,219 0	0,82	0,293 9
0,11	0,0438	0,35	0,136 8	0,59	0,222 4	0,83	0,296 7
0,12	0,047 8	0,36	0,140 6	0,60	0,225 7	0,84	0,299 5
0,13	0,051 7	0,37	0,144 3	0,61	0,229 1	0,85	0,302 3
0,14	0,055 7	0,38	0,148 0	0,62	0,232 4	0,86	0,305 1
0,15	0,059 6	0,39	0,151 7	0,63	0,235 7	0,87	0,307 8
0,16	0,063 6	0,40	0,155 4	0,64	0,238 9	0,88	0,310 6
0,17	0,067 5	0,41	0,159 1	0,65	0,242 2	0,89	0,313 3
0,18	0,071 4	0,42	0,162 8	0,66	0,245 4	0,90	0,315 9
0,19	0,075 3	0,43	0,166 4	0,67	0,248 6	0,91	0,318 6
0,20	0,079 3	0,44	0,170 0	0,68	0,251 7	0,92	0,321 2
0,21	0,083 2	0,45	0,173 6	0,69	0,254 9	0,93	0,323 8
0,22	0,087 1	0,46	0,177 2	0,70	0,258 0	0,94	0,326 4
0,23	0,091 0	0,47	0,180 8	0,71	0,261 1	0,95	0,328 9
0,96	0,331 5	1,37	0,414 7	1,78	0,462 5	2,36	0,490 9
0,97	0,334 0	1,38	0,416 2	1,79	0,463 3	2,38	0,491 3
0,98	0,336 5	1,39	0,417 7	1,80	0,464 1	2,40	0,491 8
0,99	0,338 9	1,40	0,419 2	1,81	0,464 9	2,42	0,492 2
1,00	0,341 3	1,41	0,420 7	1,82	0,465 6	2,44	0,492 7
1,01	0,343 8	1,42	0,422 2	1,83	0,466 4	2,46	0,493 1
1,02	0,346 1	1,43	0,423 6	1,84	0,467 1	2,48	0,493 4
1,03	0,348 5	1,44	0,425 1	1,85	0,467 8	2,50	0,493 8
1,04	0,350 8	1,45	0,426 5	1,86	0,468 6	2,52	0,494 1
1,05	0,353 1	1,46	0,427 9	1,87	0,469 3	2,54	0,494 5

Окончание таблицы А.1

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
1,06	0,355 4	1,47	0,429 2	1,88	0,469 9	2,56	0,494 8
1,07	0,357 7	1,48	0,430 6	1,89	0,470 6	2,58	0,495 1
1,08	0,359 9	1,49	0,431 9	1,90	0,471 3	2,60	0,495 3
1,09	0,362 1	1,50	0,433 2	1,91	0,471 9	2,62	0,495 6
1,10	0,364 3	1,51	0,434 5	1,92	0,472 6	2,64	0,495 9
1,11	0,366 5	1,52	0,435 7	1,93	0,473 2	2,66	0,496 1
1,12	0,368 6	1,53	0,437 0	1,94	0,473 8	2,68	0,496 3
1,13	0,370 8	1,54	0,438 2	1,95	0,474 4	2,70	0,496 5
1,14	0,372 9	1,55	0,439 4	1,96	0,475 0	2,72	0,496 7
1,15	0,374 9	1,56	0,440 6	1,97	0,475 6	2,74	0,496 9
1,16	0,377 0	1,57	0,441 8	1,98	0,476 1	2,76	0,497 1
1,17	0,379 0	1,58	0,442 9	1,99	0,476 7	2,78	0,497 3
1,18	0,381 0	1,59	0,444 1	2,00	0,477 2	2,80	0,497 4
1,19	0,383 0	1,60	0,445 2	2,02	0,478 3	2,82	0,497 6
1,20	0,384 9	1,61	0,446 3	2,04	0,479 3	2,84	0,497 7
1,21	0,386 9	1,62	0,447 4	2,06	0,480 3	2,86	0,497 9
1,22	0,388 3	1,63	0,448 4	2,08	0,481 2	2,88	0,498 0
1,23	0,390 7	1,64	0,449 5	2,10	0,482 1	2,90	0,498 1
1,24	0,392 5	1,65	0,450 5	2,12	0,483 0	2,92	0,498 2
1,25	0,394 4	1,66	0,451 5	2,14	0,483 8	2,94	0,498 4
1,26	0,396 2	1,67	0,452 5	2,16	0,484 6	2,96	0,498 5
1,27	0,398 0	1,68	0,453 5	2,18	0,485 4	2,98	0,498 6
1,28	0,399 7	1,69	0,454 5	2,20	0,486 1	3,00	0,498 65
1,29	0,401 5	1,70	0,455 4	2,22	0,486 8	3,20	0,499 31
1,30	0,403 2	1,71	0,456 4	2,24	0,487 5	3,40	0,499 66
1,31	0,404 9	1,72	0,457 3	2,26	0,488 1	3,60	0,499 841
1,32	0,406 6	1,73	0,458 2	2,28	0,488 7	3,80	0,499 928
1,33	0,408 2	1,74	0,459 1	2,30	0,489 3	4,00	0,499 968
1,34	0,409 9	1,75	0,459 9	2,32	0,489 8	4,50	0,499 997
1,35	0,411 5	1,76	0,460 8	2,34	0,490 4	5,00	0,499 997
13,6	0,413 1	1,77	0,461 6				

Таблица критических точек распределения χ^2 Таблица Б.1 – Критические точки распределения χ^2

Число степеней свободы к	Уровень значимости α					
	0,01	0,025	0,05	0,95	0,975	0,99
1	6,6	5,0	3,8	0,003 9	0,000 98	0,000 16
2	9,2	7,4	6,0	0,103	0,051	0,020
3	11,3	9,4	7,8	0,352	0,216	0,115
4	13,3	11,1	9,5	0,711	0,484	0,297
5	15,1	12,8	11,1	0,15	0,831	0,554
6	16,8	14,4	12,6	1,64	1,24	0,872
7	18,5	16,0	14,1	2,17	1,69	1,24
8	20,1	17,5	15,5	2,73	2,18	1,65
9	21,7	19,0	16,9	3,33	2,70	2,09
10	23,2	20,5	18,3	3,94	3,25	2,56
11	24,7	21,9	19,7	4,57	3,82	3,05
12	26,2	23,3	21,0	5,23	4,40	3,57
13	27,7	24,7	22,4	5,89	5,01	4,11
14	29,1	26,1	23,7	6,57	5,63	4,66
15	30,6	27,5	25,0	7,26	6,26	5,23
16	32,0	28,8	26,3	7,96	6,91	5,81
17	33,4	30,2	27,6	8,67	7,56	6,41
18	34,8	31,5	28,9	9,39	8,23	7,01
19	36,2	32,9	30,1	10,1	8,91	7,63
20	37,6	34,2	31,4	10,9	9,59	8,26
21	38,9	35,5	32,7	11,6	10,3	8,90
22	40,3	36,8	33,9	12,3	11,0	9,54
23	41,6	38,1	35,2	13,1	11,7	10,2
24	43,0	39,4	36,4	13,8	12,4	10,9
25	44,3	40,6	37,7	14,6	13,1	11,5
26	45,6	41,9	38,9	15,4	13,8	12,2
27	47,0	43,2	40,1	16,2	14,6	12,9
28	48,3	44,5	41,3	16,9	15,3	13,6
29	49,6	45,7	42,6	17,7	16,0	14,3
30	50,9	47,0	43,8	18,5	16,8	15,0

**Коэффициент конкордации.
Вероятность того, что данная величина S
будет достигнута или превышена**

Таблица В.1 – Вероятность того, что данная величина S будет достигнута или превышена (для $n = 3$)

S	m								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,833	0,944	0,931	0,954	0,956	0,964	0,967	0,971	0,971
6	0,500	0,528	0,653	0,691	0,740	0,768	0,794	0,814	0,830
8	0,167	0,361	0,431	0,522	0,570	0,620	0,645	0,685	0,710
14		0,194	0,273	0,367	0,430	0,486	0,531	0,569	0,601
18		0,028	0,125	0,182	0,252	0,305	0,355	0,398	0,436
24			0,069	0,124	0,184	0,237	0,285	0,328	0,368
26			0,042	0,093	0,142	0,192	0,236	0,278	0,316
32			0,004 6	0,039	0,072	0,112	0,149	0,187	0,222
38				0,024	0,052	0,085	0,120	0,154	0,187
42				0,008 5	0,029	0,051	0,079	0,107	0,135
50				0,000 77	0,012	0,027	0,047	0,069	0,092
54					0,008 1	0,021	0,038	0,057	0,078
56					0,005 5	0,016	0,030	0,048	0,066
62					0,001 7	0,008 4	0,018	0,031	0,046
72					0,000 13	0,002 7	0,009 9	0,019	0,030
74						0,001 2	0,008 0	0,016	0,026
78						0,000 32	0,004 8	0,010	0,018
86						0,000 32	0,002 4	0,006 0	0,012
96						0,000 021	0,001 1	0,003 5	0,007 5
98							0,000 86	0,002 9	0,006 3
104							0,000 26	0,001 3	0,003 4
114							0,000 061	0,000 66	0,002 0
122							0,000 061	0,000 35	0,001 3
126							0,000 061	0,000 20	0,000 83
128							0,000 003 6	0,000 097	0,000 51
134								0,000 054	0,000 37
146								0,000 011	0,000 18
150								0,000 011	0,000 11
152								0,000 011	0,000 085
158								0,000 011	0,000 044
162								0,000 006 0	0,000 020
168									0,000 011
182									0,000 002 1
200									0,000 000 099

Таблица В.2 – Вероятность того, что данная величина S будет достигнута или превышена (для $n = 4$)

S	m		S	$m = 5$
	3	5		
1	1,000	1,000	61	0,055
3	0,958	0,975	65	0,044
5	0,910	0,944	67	0,034
9	0,727	0,857	69	0,031
11	0,608	0,771	73	0,023
13	0,524	0,709	75	0,020
17	0,446	0,652	77	0,017
19	0,342	0,561	81	0,012
21	0,300	0,521	83	0,008 7
25	0,207	0,445	85	0,006 7
27	0,175	0,408	89	0,005 5
29	0,148	0,372	91	0,003 1
33	0,075	0,298	93	0,002 3
35	0,054	0,260	97	0,001 8
37	0,033	0,226	99	0,001 6
41	0,017	0,210	101	0,001 4
43	0,001 7	0,162	105	0,000 64
45	0,001 7	0,141	107	0,000 33
49		0,123	109	0,000 21
51		0,107	113	0,000 14
53		0,093	117	0,000 048
57		0,075	125	0,000 003 0
59		0,067		

Таблица В.3 – Вероятность того, что данная величина S будет достигнута или превышена (для $n = 4$)

S	m			S	$m = 6$
	2	4	6		
0	1,000	1,000	1,000	82	0,035
2	0,958	0,992	0,996	84	0,032
4	0,833	0,928	0,957	86	0,029
6	0,792	0,900	0,940	88	0,023
8	0,625	0,800	0,874	90	0,022
10	0,542	0,751	0,844	94	0,017
12	0,458	0,677	0,789	96	0,014
14	0,375	0,649	0,772	98	0,013
16	0,208	0,524	0,679	100	0,010
18	0,167	0,508	0,668	102	0,009 6
20	0,042	0,432	0,609	104	0,008 5
22		0,389	0,574	106	0,007 3
24		0,355	0,541	108	0,006 1
26		0,324	0,512	110	0,005 7
30		0,242	0,431	114	0,004 0
32		0,200	0,386	116	0,003 3
34		0,190	0,375	118	0,002 8
36		0,158	0,338	120	0,002 3
38		0,141	0,317	122	0,002 0
40		0,105	0,270	126	0,001 5
42		0,094	0,256	128	0,000 90
44		0,077	0,230	130	0,000 87
46		0,068	0,218	132	0,000 73
48		0,054	0,197	134	0,000 65
50		0,052	0,194	136	0,000 40
52		0,036	0,163	138	0,000 36
54		0,033	0,155	140	0,000 28
56		0,019	0,127	144	0,000 24
58		0,014	0,114	146	0,000 22
62		0,012	0,108	148	0,000 12
64		0,006 9	0,089	150	0,000 095
66		0,006 2	0,083	152	0,000 062
68		0,002 7	0,073	154	0,000 046
70		0,002 7	0,066	158	0,000 024
72		0,001 6	0,060	160	0,000 016
74		0,000 94	0,056	162	0,000 012
76		0,000 94	0,043	164	0,000 008 0
78		0,000 94	0,041	170	0,000 002 4
80		0,000 072	0,037	180	0,000 000 13

Таблица В.4 – Вероятность того, что данная величина S будет достигнута или превышена (для $n = 5$)

S	$m = 3$	S	$m = 3$
0	1,000	44	0,236
2	1,00	46	0,213
4	0,988	48	0,172
6	0,972	50	0,163
8	0,941	52	0,127
10	0,914	54	0,117
12	0,845	56	0,096
14	0,831	58	0,080
16	0,768	60	0,063
18	0,720	62	0,056
20	0,682	64	0,045
22	0,619	66	0,038
24	0,595	68	0,028
26	0,559	70	0,026
28	0,493	72	0,017
30	0,475	74	0,015
32	0,432	76	0,007 8
34	0,406	78	0,005 3
36	0,347	80	0,004 0
38	0,326	82	0,002 8
40	0,291	86	0,000 90
42	0,253	90	0,000 069

**Коэффициент конкордации.
Точки значимости для 5%-ного и 1%-ного уровней значимости**

Таблица Г.1 – Точки значимости для 5%-ного и 1%-ного уровней значимости

<i>m</i>	<i>n</i>					<i>n</i> = 3	
	3	4	5	6	7	<i>m</i>	<i>S</i>
5%-ный уровень значимости							
3			64,4	103,9	157,3	9	54,0
4		19,5	88,4	143,3	217,0	12	71,9
5		62,6	112,3	182,4	276,2	14	83,8
6		75,7	136,1	221,4	335,2	16	95,8
8	48,1	101,7	183,7	299,0	453,1	18	107,7
10	60,0	127,8	231,2	376,7	571,0		
15	89,8	192,9	34,8	570,5	864,9		
20	119,7	258,0	468,5	764,4	1158,7		
1%-ный уровень значимости							
3			75,6	122,8	185,6	9	75,9
4		61,4	109,3	176,2	265,0	12	103,5
5		80,5	142,8	229,4	343,8	14	121,9
6		99,6	176,1	282,4	422,6	16	140,2
8	66,8	137,4	242,7	388,3	579,9	18	158,6
10	85,1	175,3	309,1	494,0	737,0		
15	131,0	269,8	475,2	758,2	1 129,5		
20	177,0	364,2	641,2	1 022,2	1 521,9		

**Критические значения количества рядов для определения
наличия автокорреляции по методу рядов ($\alpha = 0,05$)**

Таблица Д.1 – Нижняя граница K_1

$N_1 \backslash N_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2										2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3					2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
4				2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
5			2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
6		2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6
7		2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
8		2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7
9		2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8
10		2	3	3	4	5	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9
11		2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9
12	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10
13	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10
14	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11
15	2	3	3	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12
16	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12
17	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	13
18	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13
19	2	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13
20	2	3	4	5	6	6	7	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	13	14

Таблица Д.2 – Верхняя граница K_2

$N_1 \backslash N_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4			9	9															
5			9	10	10	11	11												
6			9	10	11	12	12	13	13	13	13								
7				11	12	13	13	14	14	14	14	15	15	15					
8				11	12	13	14	14	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17
9					13	14	14	15	16	16	16	17	17	18	18	18	18	18	18
10					13	14	15	16	16	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20
11					13	14	15	16	17	17	18	19	19	19	20	20	20	21	21
12					13	14	16	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22
13						15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
14						15	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	23	24
15						15	16	18	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25
16							17	18	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	25
17							17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	25	26	26
18							17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	26	27
19							17	18	20	21	22	23	23	24	25	26	26	27	27
20							17	18	20	21	22	23	24	25	25	26	27	27	28

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	3
Раздел 1. Теоретические основы прогнозирования и планирования социально-экономических процессов	4
Тема 1.1. Сущность и предмет теории прогнозирования и планирования экономики	4
Тема 1.2. Прогнозирование и планирование в управлении экономикой	5
Раздел 2. Методологические и организационные основы прогнозирования и планирования социально-экономических процессов	6
Тема 2.1. Методология прогнозирования и планирования	6
Тема 2.2. Методы прогнозирования и планирования	8
Методы экспертных оценок.....	9
1. Групповая экспертная оценка	9
2. Метод Дельфи	60
3. Метод морфологического анализа	67
4. Построение «дерева целей» и «дерева решений»	71
Методы экстраполяции	77
1. Наивные методы	78
2. Методы усредняющего скользящего сглаживания	80
3. Методы экспоненциального сглаживания	87
4. Метод подбора функций	90
Нормативный метод	99
Балансовый метод.....	104
Тема 2.3. Статистические методы и модели в прогнозировании.....	113
1. Простейшие приемы прогнозирования.....	115
2. Прогнозирование с помощью тренд-сезонных моделей	117
3. Проверка адекватности и точности моделей временного ряда.....	131
Тема 2.4. Организация прогнозирования и планирования	138
Раздел 3. Социально-экономическое прогнозирование и планирование на макроуровне.....	140
Тема 3.1. Прогнозирование и планирование темпов экономического роста, структуры экономики и развития производственных отраслей.....	140
Тема 3.2. Прогнозирование и планирование развития отраслей сферы обслуживания населения.....	153
Тема 3.3. Прогнозирование и планирование трудовых ресурсов и занятости населения	158
Тема 3.4. Прогнозирование и планирование социального развития, уровня жизни населения и потребительского рынка.....	165
Раздел 4. Прогнозирование и планирование на микроуровне.....	176
Тема 4.1. Основные объекты прогнозирования и планирования на микроуровне.....	176
Тема 4.2. Виды планов на микроуровне.....	178
Список рекомендуемой литературы.....	179
Приложения.....	182

Учебное издание

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
И ПЛАНИРОВАНИЕ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

Пособие
для студентов специальности
1-26 02 02 «Менеджмент»

Автор-составитель
Лопухова Наталья Григорьевна

Редактор И. А. Михайлова
Технический редактор И. А. Козлова
Компьютерная верстка Н. Н. Короедова

Подписано в печать 11.03.13. Бумага типографская № 1.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Гарнитура Таймс. Ризография.
Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 11,40. Тираж 150 экз.
Заказ №

Учреждение образования
«Белорусский торгово-экономический университет
потребительской кооперации».
246029, г. Гомель, просп. Октября, 50.
ЛИ № 02330/0494302 от 04.03.2009 г.

Отпечатано в учреждении образования
«Белорусский торгово-экономический университет
потребительской кооперации».
246029, г. Гомель, просп. Октября, 50.

**БЕЛКООПСОЮЗ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ТОРГОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ»**

Кафедра экономики АПК

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
И ПЛАНИРОВАНИЕ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

**Пособие
для студентов специальности
1-26 02 02 «Менеджмент»**

Гомель 2013